



**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**  
**PROJEK PENYELIDIKAN JANGKA PENDEK**  
**LAPORAN AKHIR**

**KAJIAN PEMBERIAN SUPLIMEN KARBOHIDRAT BEREKTROLIT  
DAN AIR (PLACEBO) ATAS PRESTASI BERBASIKAL  
DALAM SUASANA HABA DAN LEMBAB TINGGI**

**PENYELIDIK**

**DR. RABINDARJEET SINGH**  
**DR. ROLAND G. SIRISINGHE**  
**DR. ISHAK MAT**  
**DR. NORAZMI MOHD. NOR**

**KAJIAN PEMBERIAN SUPLIMEN KARBOHIDRAT  
BERELEKTROLIT DAN AIR (PLACEBO) ATAS  
PRESTASI BERBASIKAL DALAM SUASANA HABA  
DAN LEMBAB TINGGI**

***(EFFECTS OF CARBOHYDRATE SUPPLEMENTS AND  
WATER ON PHYSIOLOGICAL PARAMETERS DURING  
EXERCISE IN THE HEAT AND HUMIDITY)***



**PUSAT PENGAJIAN SAINS PERUBATAN  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA  
CAWANGAN KELANTAN**

KAJIAN PEMBERIAN SUPLIMEN KARBOHIDRAT  
BERELEKTROLIT DAN AIR (PLACEBO) ATAS  
PRESTASI BERBASIKAL DALAM SUASANA HABA  
DAN LEMBAB TINGGI

*(EFFECTS OF CARBOHYDRATE SUPPLEMENTS AND  
WATER ON PHYSIOLOGICAL PARAMETERS DURING  
EXERCISE IN THE HEAT AND HUMIDITY)*

RABINDARJEET SINGH  
ROLAND G. SIRISINGHE  
ISHAK MAT  
NORAZMI MOHD. NOR

LAPORAN AKHIR PROJEK PENYELIDIKAN JANGKA PENDEK  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

## ABSTRAK

Tujuan kajian ini adalah menentukan kesan pemberian minuman karbohidrat berelektrolit dan air placebo perisa secara siri, atas fungsi fisiologis semasa rehat dan prestasi berbasikal dalam suasana haba dan lembab tinggi. Sepuluh subjek sukarelawan terlibat dalam ujian ini.

Dalam ujian senaman subjek mengayuh basikal pada  $VO_{2max}$   $66.7 \pm 1.7\%$  hingga kepenatan, dalam suhu bilik yang dikekalkan pada  $31.1 \pm 0.1^{\circ}C$  dan lembab relatif pada  $91.2 \pm 0.9\%$ . Ujian-ujian ini dijalankan pada 3 tempoh yang berbeza. Semasa senaman subjek diberi minuman  $3 \text{ ml.kg}$  berat badan<sup>-1</sup> daripada minuman P, karbohidrat berelektrolit 6% (MC) atau karbohidrat berelektrolit 12% (HC) setiap 20 minit. Minuman diberi secara dwipihak dan menimbal balas.

Dalam ujian senaman, jumlah masa hingga kepenatan lebih panjang secara signifikan bagi HC ( $84.7 \pm 6.9 \text{ min}$ ;  $p < 0.001$ ) dan MC ( $75.3 \pm 3.5 \text{ min}$ ;  $p < 0.01$ ) berbanding dengan P ( $66.2 \pm 2.2 \text{ min}$ ). Berbanding dengan P, pemberian minuman karbohidrat berelektrolit mengakibatkan kepekatan glukosa dan insulin lebih tinggi semasa senaman. Nilai nisbah pertukaran gas (RER) tidak berbeza secara signifikan. Kesan fungsi fisiologik dan perubahan penerimaan sensori adalah sama; tidak didapati berbeza diantara subjek terhadap respons minuman yang diberi bagi perubahan pengambilan oksigen, suhu rektal dan kulit, kadar jantung, kadar peluh, pada kepekatan plasma laktat, natrium, kalium, ammonia, urea, hormon pertumbuhan, kortisol, kreatin kinase atau bagi rangsangan gangguan gastrousus, perasaan rasa haus dan penerimaan seluruh minuman.

Tahap anggapan prestasi, paras asid lemak bebas, gliserol pada masa kepenatan menunjukkan lebih tinggi secara signifikan bagi P. Walau bagaimanapun tidak berbeza signifikan perubahan peratus isipadu plasma, tetapi mengakibatkan perubahan sedikit pada MC semasa senaman dalam keadaan haba dan lembab tinggi.

Berbanding dengan air placebo, minuman karbohidrat berelektrolit dengan kepekatan 6% (MC) dan 12% (HC) menunjukkan respon fisiologik dan sensori yang sama, manakala pemberian minuman karbohidrat berelektrolit 12% menunjukkan masa senaman lebih panjang hingga kepenatan dalam suasana haba dan lembab tinggi.



## ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effects of serial ingestion of carbohydrate-electrolyte beverages and a flavored water placebo (P) on physiological function during cycling performance in the heat and high humidity. Ten subjects participated in the experiment.

In exercise experiment the subjects rode at  $66.7 \pm 1.7\%$  of maximal oxygen consumption to exhaustion in a room maintained at  $31.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$  and  $91.2 \pm 0.9\%$  relative humidity on three separate occasions. During the rest and exercise bout the subjects consumed  $3 \text{ ml.kg body weight}^{-1}$  of P, a 6% carbohydrate-electrolyte (MC) or 12% carbohydrate-electrolyte (HC) beverage every 20 minutes. Beverage were administered in double blind, counterbalanced order.

In the exercise experiment the total time to exhaustion was significantly longer for HC ( $84.7 \pm 6.9 \text{ min}$ ;  $p < 0.001$ ) and MC ( $75.3 \pm 3.5 \text{ min}$ ;  $p < 0.01$ ) compared to P ( $66.2 \pm 2.2 \text{ min}$ ).

Compared to P, ingestion of the carbohydrate-electrolyte beverages resulted in higher glucose and insulin concentrations throughout the exercise with no significant differences in RER values. Markers of physiologic function and sensory perception changed similarly throughout exercise; no differences were observed among subjects in response to beverage treatment for changes in oxygen uptake, rectal and skin temperatures, heart rate, sweat rate, in plasma concentrations of lactate, sodium, potassium, ammonia, growth hormone, cortisol, creatine kinase, or for indices of gastrointestinal distress, perceived thirst, and overall beverage acceptance.

Rating of perceived exertion, free fatty acids and glycerol levels at exhaustion were significantly higher in P trial. Although there was no significant difference in plasma volumes, it however resulted in a smaller change in MC during exercise in the heat and high humidity.

Compare to ingestion of a water placebo, consumption of beverage contain 6% (MC) and 12% (HC) carbohydrate-electrolyte resulted in similar physiologic and sensory response, whilst ingestion of 12% carbohydrate-electrolyte beverage resulted in a longer exercise time to exhaustion in the heat and high humidity.



## PENGENALAN

Pada masa ini karbohidrat diterima bahawa kekurangan simpanan karbohidrat otot dan hepar, khususnya dalam bentuk glikogen, adalah penyebab utama kepenatan semasa senaman berpanjangan. Tambahan pula, juga dicadangkan bahawa senaman yang dilakukan dalam haba mempercepat kepenatan kerana peningkatan kergantungan karbohidrat sebagai substrat (Fink *et al.*, 1975). Pemberian suplemen semasa senaman berpanjangan boleh kompensasi bagi kekurangan simpanan karbohidrat endogenous dan lambatkan kepenatan telahpun didokumenkan dengan baik (Coggan & Coyle, 1989; Coyle *et al.*, 1986; Coyle *et al.*, 1983; Hargreaves *et al.*, 1984; Ivy *et al.*, 1983).

Semasa senaman berpanjangan dalam haba, jumlah besar air ( $1-2 \text{ l.jam}^{-1}$ ) boleh hilang akibat perpeluhan (Costill, 1977). Tambahan pula, jumlah kecil air juga hilang melalui trak gastrousus ( $100$  hingga  $200 \text{ ml.hari}^{-1}$ ), ginjal ( $720$  hingga  $1440 \text{ ml.hari}^{-1}$ , bergantung kepada status hidrasi) dan trak pernafasan ( $360 \text{ ml.hari}^{-1}$ , bergantung kepada kadar pernafasan) (Gisolfi, 1983). Dehidrasi semasa senaman boleh mengakibatkan peningkatan osmolaliti plasma, kekurangan kadar peluhan dan aliran darah kulit serta peningkatan suhu kor badan (Sawka *et al.*, 1985; Harrison, 1985; Harrison, 1986; Senay & Pivarnik, 1985). Tambahan, peningkatan suhu badan dilaporkan mengurangkan prestasi senaman dan meningkatkan risiko kecederaan haba (Gisolfi & Copping, 1974; Greenleaf & Castle, 1971; MacDougall *et al.*, 1974). Walau bagaimanapun, meminum air semasa senaman dilakukan dalam haba boleh melemahkan peningkatan suhu badan dan juga perlu untuk fungsi kardiovaskular optimum (Costill *et al.*, 1970; Gisolfi & Copping, 1974).

Semasa senaman berpanjangan dalam haba, telah dicadangkan bahawa pemberian suplemen yang mengandungi lebih daripada 2.5% karbohidrat akan merencatkan pengosongan gaster dan pembekalan cecair (Costill & Saltin, 1974; Coyle *et al.*, 1978). Costill & Saltin (1974) membandingkan kadar pengosongan gaster diantara air dan minuman yang mengandungi karbohidrat 2.5%, 5.0%, 10.0% dan 15.0%. Mereka mendapati air dan suplemen karbohidrat 2.5% memberi keputusan kadar pengosongan gaster yang sama, tetapi minuman yang mengandungi lebih karbohidrat memperlambatkan pengosongan gaster. Asas atas temuan ini, dicadangkan bahawa kandungan karbohidrat pengantibalik cecair tidak melebihi 2.5% untuk menoptimumkan pembekalan cecair (American College Sports Medicine, 1985). Walau bagaimanapun, kajian yang baru menunjukkan bahawa minuman kepekatan sederhana yang mengandungi karbohidrat 6-8% atau setinggi karbohidrat 15% tidak berbeza daripada air dalam kemampuan untuk menyokong pentermokawalaturan atau fungsi sirkulasi (Candas *et al.*, 1986; Carter *et al.*, 1989; Davis *et al.*, 1988a; Millar-stafford *et al.*, 1990; Murray *et al.*, 1987; Murray *et al.*, 1989; Owen *et al.*, 1986; Ryan *et al.*, 1989; Seidman *et al.*, 1991). Minuman seperti ini juga boleh meningkatkan prestasi senaman dalam haba (Davis *et al.*, 1988a; Murray *et al.*, 1987; Murray *et al.*, 1989; Johnson *et al.*, 1988). Tambahan pula, suplemen yang mengandungi karbohidrat 7.5% kemungkinan

mengakibatkan perubahan kecil dalam isipadu plasma berbanding air semasa senaman dalam haba (Coyle *et al.*, 1978).

Kebanyakan kajian ini dijalankan dalam keadaan sederhana. Walaupun Owen *et al.*, (1986) melihat pentermokawalaturan dan respons fisiologi yang sama apabila meminum karbohidrat 10% berbanding dengan air semasa berlari atas treadmill selama 2 jam dalam haba (35°C, kelembapan kering). Dalam kajian tersebut, tiada laporan tentang prestasi senaman. Hanya sedikit kajian padang (Seidman *et al.*, 1991; Wells *et al.*, 1985) telah dijalankan dalam haba (26-31°C, kelembapan 34-53%) dan kajian ini tidak ada data prestasi. Oleh kerana kekurangan kajian berbasikal dalam haba dan lembab tinggi (85-95%), kajian ini dijalankan untuk mengkaji kesan suplemen karbohidrat berelektrolit dan air (placebo) atas respons fisiologik, status hidrasi dan prestasi senaman berbasikal dalam keadaan haba dan lembab tinggi.

## BAHAN DAN KAEDAH

### *Subjek*

Sepuluh atlit rekreasi lelaki sihat telah mengambil bahagian dalam kajian ini dan empat subjek diantaranya telah ambil bahagian dalam kajian kesan pemberian minuman karbohidrat-elektrolit semasa rehat. Ciri-ciri fizikal dan fisiologi subjek dapat diperlihatkan pada Jadual 3.1. Subjek telah dihuraikan tentang objektif dan prosedur eksperimen sebelum mereka memberi persetujuan secara sukarelawan untuk mengambil bahagian dalam eksperimen tersebut. Borang persetujuan mengikuti kajian diberikan pada setiap subjek seperti pada Lampiran B. Prosedur-prosedur yang digunakan telah diluluskan oleh Jawatankuasa Penyelidikan Universiti.

### *Peralatan kajian*

Basikal ergometer (Lode NV L-77) digunakan untuk latihan, ujian pengenalan dan kajian kesan suplemen minuman karbohidrat-elektrolit atas prestasi berbasikal dalam suasana haba dan lembab tinggi.

Sepanjang kajian basikal ergometer senantiasa dikalibrasi dengan menggunakan voltmeter. Untuk kalibrasi kelajuan satu volt sama dengan 100 revolusi per minit (rpm) dan beban kerja 200 watt bersamaan dengan 1 volt. Beban-kerja basikal ergometer dikawal atur oleh unit kawalan digital wattmeter.

Untuk setiap ujian, subjek dipasang corong mulut yang disokong dengan penyokong kepala. Corong mulut ini berinjap dua hala tanpa sedut berbentuk T (Vacumed 2700 B) dan digunakan untuk mengalirkan udara ekspirasi melalui saluran corong mulut ke 'Metabolic Measurement Cart' untuk penganalisa komposisi udara.

Jadual 3.1: Data ciri-ciri fizikal dan fisiologi subjek

Parameter	Unit	Purata ± ralat piawai
Umur	(tahun)	24.6±0.3
Tinggi	(sm)	166.3±0.5
FVC	(l)	4.0±0.0
FEV <sub>1</sub>	(l)	3.6±0.0
PEFR	(l.min <sup>-1</sup> )	522.2±3.8
O <sub>2</sub> max	(ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	44.6±0.5
HR <sub>max</sub>	(denyut.min <sup>-1</sup> )	173.6±1.1
Lemak badan	(%)	11.6±0.3
Jumlah lipatan kulit	(mm)	45.2±1.8
SR	(sm)	14.4±0.6
BLS	(kg)	142.1±3.5
HGR	(kg)	41.8±0.5
HGL	(kg)	39.5±0.4

- FVC: Kapasiti vital paksaan (Forced Vital Capacity)
- FEV<sub>1</sub>: Isipadu ekspirasi paksaan dalam satu saat (Forced Expired Volume in one second).
- PEFR: Kadar puncak aliran ekspirasi (Peak Expired Flow Rate).
- SR: Kelenturan/fleksibiliti (Sit and Reach).
- BLS: Kekuatan otot belakang dan kaki (Back and Leg strength).
- HGR: Kekuatan genggam tangan kanan (Right Hand Grip strength).
- HGL: Kekuatan genggam tangan kiri (Left Hand Grip strength).

"Metabolic Measurement Cart" (Sensormedic 2900) digunakan untuk mengukur parameter udara ekspirasi. Kadar aliran udara (ventilasi) diukur dengan "anemometer" yang menggunakan prinsip "thermal conductivity". Manakala ruang pencampur digunakan untuk mencampurkan udara sebelum komposisi udara dianalisa. Peratus oksigen dalam udara ekspirasi dianalisa dengan analizer zirkonium dan peratus karbon dioksida dalam udara ekspirasi dianalisa dengan analizer inframerah. "Metabolic Measurement Cart" juga menghitung pengambilan oksigen absolut (VO<sub>2</sub>) dalam unit ml.min<sup>-1</sup> dan pengambilan oksigen relatif mengambil kira berat badan subjek dalam unit ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Nisbah pertukaran gas (R) juga dihitung.

Untuk setiap ujian, analizer dikalibrasi dahulu dengan dua gas piawai iaitu gas piawai Oksigen 26% dalam Nitrogen dan gas piawai Oksigen 16%, Karbon dioksida 4% dalam Nitrogen. Selepas setiap ujian "Metabolic Measurement Cart" dikalibrasi sekali lagi untuk menentukan kestabilan alat tersebut.

Kadar jantung sepanjang ujian diukur dengan pengesan kadar jantung (Sport tester PE 3000, Polar Finland), secara telementri. Suhu rektal dan kulit diukur dengan prob-prob suhu series 400 (Yellow Springs Instrument) dan suhu-suhu pengukuran rektal dan permukaan badan. Ini dikawal dengan termometer elektronik (Libra Medibal ET 3000).



Suhu bilik kering dan basah diukur dengan menggunakan higrometer (whirling). Tekanan barometer (Fortain) digunakan untuk mengukur tekanan barometrik bilik.

Untuk ukuran berat badan, penimbangan elektrolit (Tanita model 1567). Spirometer kering (Vitalograf, Model R) dan Wright peak flowmeter (Airmfd Ltd, England) digunakan masing-masing untuk mengukur kapasiti vital paksaan, isipadui ekspirasi paksaan dalam satu saat dan kadar puncak aliran ekspirasi. Kekuatan genggam serta kekuatan belakang dan kaki diukur masing-masing dengan dinamometer genggam tangan (Jamar, Clifton, N.J) dan dinamometer belakang dan kaki (Takei Kiki Kogyo Co. Ltd, Japan). Lipatan kulit diukur dengan kaliper lipatan kulit (Holtain). Peratus lemak dihitung dengan menggunakan persamaan dari Katch et al. (1973), iaitu  $= 0.45 (A) + 0.58 (B) + 1.47$ , dimana A = lipatan lemak trisep (mm) dan B = lipatan lemak subskapula (mm).

### *Pengenalan dan orientasi kajian*

#### *(a) Menjalankan latihan*

Sebelum menjalankan latihan subjek diberi penjelasan pelaksanaan latihan. Subjek datang kemakmal menjalankan latihan waktu pagi. Latihan dijalankan selama 10 minggu, empat hari dalam seminggu. Subjek menyesuaikan diri dengan mengayuh basikal ergometer (Lode NV L-77) pada kadar 60 rpm dan beban yang diberikan disesuaikan dengan keupayaan subjek.

#### *(b) Ujian pengenalan*

Ujian pengenalan dijalankan dalam 3 fasa iaitu :

##### *i) Ujian beban-kerja dengan pengambilan oksigen*

Dalam ujian ini subjek mengayuh basikal ergometer pada kadar 60 rpm mulai dari beban kerja awal sebanyak 50 watt dan setiap 4 minit beban ditingkatkan sebanyak 30 Watt. Sampel udara ekspirasi melalui corong mulut diambil secara berterusan dan dianalisa oleh iMetabolic Measurement Cart. Nilai pengambilan oksigen dihitung setiap minit oleh iMetabolic Measurement Cart dan nilai setiap 4 minit dicatat sebagai pengambilan  $VO_2$  submaksimal. Kadar jantung yang dikawal juga diambil setiap minit. Ujian ini adalah ujian berterusan dimana subjek mengayuh selama 16 minit pada empat beban-kerja submaksimal. Tujuan ujian ini adalah untuk menentukan hubungan antara pengambilan oksigen dengan beban-kerja submaksimal.

##### *ii) Ujian beban-kerja pengambilan oksigen maksimal*

Ujian ini dijalankan setelah subjek direhatkan 30 minit selepas ujian submaksimal diatas. Dalam ujian ini, subjek mengayuh basikal ergometer pada kadar 60 rpm mulai dengan beban kerja awal sebanyak 50 watt dan setiap 2 minit beban ditingkatkan sebanyak 30 watt hingga subjek penat dan tidak berdaya untuk mengekalkan kadar gayuh pada 30-60 rpm, Sampel udara ekspirasi melalui corong mulut diambil secara berterusan dan dianalisa oleh "Metabolic Measurement Cart" dan nilai tertinggi yang didapati pada akhir ujian dianggap sebagai nilai pengambilan oksigen yang maksimum ( $VO_{2max}$ ). Kadar jantung juga dikawal secara berterusan sepanjang ujian dan nilai

dicatat setiap minit. Tujuan ujian ini adalah untuk menentukan hubungan keperluan oksigen dengan beban kerja secara maksimal.

### III) Ujian beban-kerja laktat

Dari turunan data ujian (i) dan (ii) diatas, empat beban-kerja yang mewakili 60%, 70%, 80% dan 90% dari  $VO_{2max}$  ditentukan. Setiap subjek bergayuh selama 4 minit pada setiap beban-kerja submaksimal ini. Ujian keseluruhannya mengambil masa 16 minit dan empat bagi setiap beban kerja. Sebelum ujian satu kanula (Venofix-S, G 21; B. Braun) dimasukkan ke dalam vena antekubital lengan, kanula disimpan secara patent, agar darah tidak berbeku dengan infusi saline berheparin ( $10 \text{ unit.ml}^{-1}$ ). Dua mililiter sampel darah vena diambil semasa rehat dan pada minit akhir bagi setiap 4 minit, tempoh pada empat beban yang ditentukan. Darah dimasukkan kedalam tabung uji untuk diantikoagulan dengan natrium flourida. Sampel darah disentrifuge, selanjutnya plasma diambil untuk ujian laktat dengan menggunakan laktat analizer (Yellow Springs Instrument model 2900). Sampel udara ekspirasi dan kadar jantung diambil secara berterusan seperti yang dilakukan pada ujian 3.2.3.2.(i). Tujuan ujian ini adalah untuk menentukan hubungan antara kepekatan laktat dengan beban kerja 60%, 70%, 80% dan 90% dari  $VO_{2max}$  dan menelaah kembali nilai  $VO_2$  submaximal yang dijalankan.

Pada akhirnya, sebelum permulaan ujian senaman dijalankan subjek telah mengerti tatacara kajian yang dijalankan dan telah menyesuaikan diri dengan basikal ergometer yang digunakan.

### Status pemakanan

Untuk mencegah agar subjek tidak mengubah status pemakanan selama 72 jam sebelum ujian dijalankan, individu dianjurkan mengikuti menu yang disediakan, dan cara ini dilakukan setiap ujian dijalankan. Sebelum kajian dijalankan, subjek menimbang dan mencatat makanan yang diambil selama tujuh hari dalam diari pemakanan (Lampiran C). Dari diari pemakanan, analisa kandungan nutrisi diari pemakanan normal/biasa dilakukan (Paul dan Southgate, 1978). Oleh yang demikian, menu yang disenaraikan dan ditentukan jumlah makanan untuk diambil mewakili pemakanan normal bagi setiap subjek. Masa untuk dimakan juga dicatat tetapi tidak dikawal secara ketat. Jumlah yang benar diambil juga dicatat oleh subjek disebelah senarai menu.

### Bentuk kajian.

Individu dikehendaki menjalankan prestasi mengayuh basikal ergometer pada tiga masa dalam keadaan haba dan lembab tinggi ( $31^{\circ}\text{C}$  dan 91%; Jadual 3.5). Semasa setiap ujian subjek perlu meminum minuman MC, HC atau P. Kandungan bagi ketiga-tiga minuman diuraikan pada Jadual 2. Subjek diberi minuman secara pindah silang dan buta dwipihak.

**Jadual 2.** Komposisi minuman yang diberi pada kajian

Komposisi minuman	Unit	HC	MC	P
Osmolaliti	(mOsm.l <sup>-1</sup> )	684.0±1.4	325.0±1.4	38.0±1.3
Glukosa	(g.l <sup>-1</sup> )	71.6±2.2	20.5±1.4	0.0
Sukrosa	(g.l <sup>-1</sup> )	45.7±1.2	39.1±0.9	0.0
Natrium	(mmol.l <sup>-1</sup> )	21.1±0.2	21.1±0.0	3.4±0.1
Kalium	(mmol.l <sup>-1</sup> )	3.4±0.0	3.5±0.1	0.0
Klorida	(mg.l <sup>-1</sup> )	390.0±1.9	391.0±1.9	0.0
Kalsium	(mg.l <sup>-1</sup> )	28.1±0.4	28.2±0.3	23.2±0.6
pH		3.7±0.0	3.7±0.0	2.9±0.0

Semasa setiap ujian, subjek perlu gayuh basikal ergometer pada beban kerja  $VO_{2max}$  60% yang dikekalkan pada 60 rpm sehingga penat iaitu tidak dapat kekalkan revolusi antara 30 hingga 60 rpm. Ketiga-tiga dipisah sekurang-kurangnya dua minggu dan dilakukan pada masa yang sama setiap ujian. Individu yang mengambil bahagian dalam kajian dinasihatkan tidak melakukan senaman berat tiga hari sebelum setiap ujian prestasi. Untuk memastikan tahap kecergasan yang sama semasa ujian, subjek dinasihatkan untuk mengekalkan latihan semasa tempoh ujian.

#### *Protokol kajian*

Pada hari ujian, setiap subjek melapor diri di makmal pada 08.30 pagi, selepas berpuasa malam selama 10 atau 12 jam. Selepas mengosongkan pundi kencing, berat badan bertelanjang diambil.

Selepas itu elektrod prob suhu rektal dan kulit dipasang. Prob suhu rektal (Prob suhu series 400, Yellow Springs Instrument) dipasang dengan memasukkan prob suhu sedalam 10 sentimeter dari otot sfinkter ani eksterna. Suhu kulit dicatat melalui prob suhu (Prob suhu series 400, Yellow Springs Instrument) yang dipasang pada permukaan dada, lengan atas, paha dan betis. Suhu rektal dan kulit dikawal dengan termometer elektronik (Libra Medical ET 300). Pengesan kadar jantung (Sport tester PE 3000, Polar Finland) diletakan pada permukaan dada. Satu kanula (Venofix -S, 21 G; B.Braun) dimasukkan ke dalam vena antekubital lengan. Kanula disimpan secara patent agar darah tidak beku dengan infusi saline berheparin (10 unit.ml<sup>-1</sup>). Sepuluh mililiter sampel darah vena diambil semasa rehat. Selepas itu subjek dijemput duduk di atas basikal ergometer yang berada di dalam bilik khas yang berhawa dan lembab tinggi.

Sebelum fasa pemanasan badan dan semasa berduduk diatas basikal ergometer, minuman yang dipilih secara buta dwipihak sebanyak 3 ml.kg.berat badan<sup>-1</sup> diberi melalui picagari volumetrik. Picagari volumetrik plastik ini digunakan untuk minuman supaya tidak berlaku tumpahan dan



Isipadu yang betul dapat diberikan. Minuman diberikan dalam keadaan sejuk ( $8^{\circ}\text{C}$ ). Corong mulut dipasang dan fasa pemanasan dijalankan selama 5 minit pada  $\text{VO}_{2\text{max}}$  50%. Udara ekspirasi diambil secara berterusan. Pada minit akhir semasa fasa pemanasan, 10 ml darah vena diambil. Sejurus selepas akhir fasa pemanasan beban kerja ditingkatkan kepada  $\text{VO}_{2\text{max}}$  60% dan masa senaman dimulakan.

Pada setiap 10 minit semasa ujian senaman berjalan, udara ekspirasi, suhu badan, suhu rektal, kadar jantung, suhu bilik dan kelembaban boleh diambil. Protokol kajian dihuraikan pada Rajah 1. Sampel darah vena sebanyak 10 ml diambil setiap 20 minit. Selepas pengambilan darah dan pengukuran udara ekspirasi dan minuman ( $8^{\circ}\text{C}$ ) yang ditetapkan diberi sebanyak 3 ml.kg berat badan<sup>-1</sup> melalui picagari volumetrik. Lima minit selepas pemberian minuman, semasa senaman berlangsung, tahap anggapan kemampuan didapati dengan skala Borg (Borg's scale, 1975; Lampiran D) dan sensori tentang minuman melalui skala sensori minuman (Peryan dan Pilgrim, 1957; Lampiran E).

Subjek bergayuh basikal hingga kepenatan iaitu tidak berdaya mengekalkan kadar revolusi antara 30 dan 60 rpm. Sejurus berhenti mengayuh, 10 ml darah vena diambil dan kanula dikeluarkan. Berat badan dalam keadaan bertelanjang selepas senaman juga diambil. Berat badan ini diambil selepas badannya dikeringkan dengan tuala.

Pemanasan dan kelembaban suhu makmal dilakukan dengan meletakkan dua iwaterbath. Suhu kering dan suhu basah diukur dengan menggunakan higrometer iWhirlingi yang dilakukan dekat subjek. Dari kedua-dua suhu ini, lembab relatif didapati dari jadual skala penukaran. Tekanan barometer diukur dengan barometer (Fortain) yang digantung didinding.

Subjek datang kembali kemakmal setelah 24 jam berakhirnya ujian senaman. Sampel darah vena diambil sebanyak 2 ml untuk ujian kreatin kinase.

#### *Pengukuran dan penghitungan keputusan*

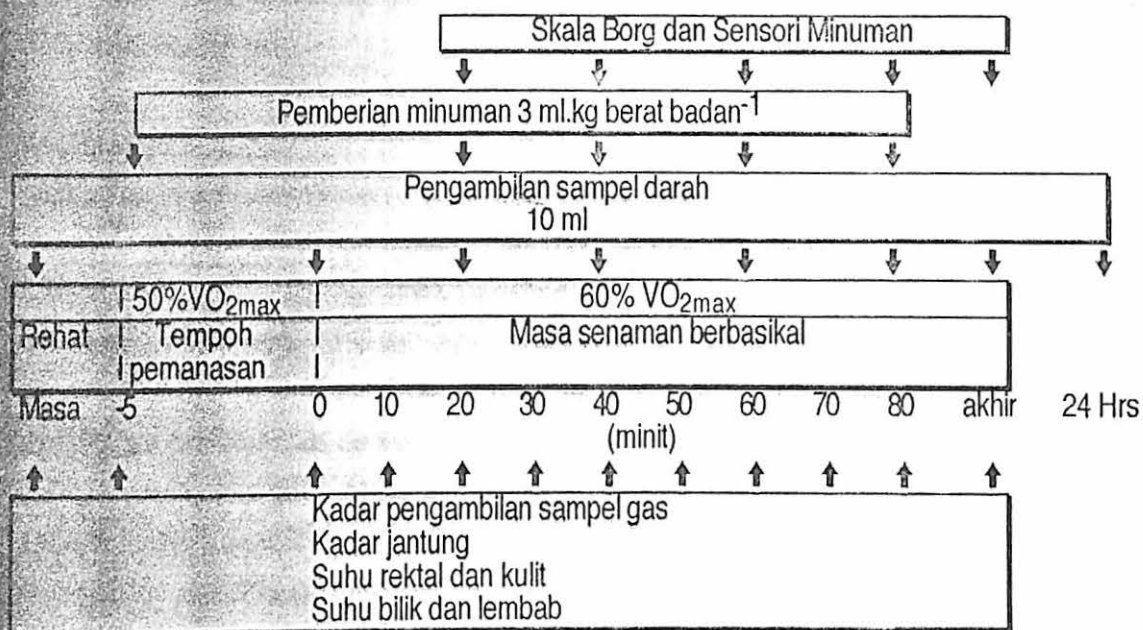
Pengukuran parameter pernafasan.

Peratus oksigen dan karbon dioksida, ventilasi dan nisbah pertukaran gas (R) didapati dengan menggunakan "Computerised Metabolic Measurement Cart" (Sensor Medics 2900).

#### *Pengukuran purata suhu kulit*

Nilai purata suhu kulit dapat diketahui dengan menggunakan formula (Rananathan, 1964).  $T_{sk} = 0.3 (T_{ch} + T_{bic}) + 0.2 (T_{th} + T_{calf})$ , dimana  $T_{ch}$  = suhu dada,  $T_{bic}$  = suhu biceps,  $T_{th}$  = suhu paha,  $T_{calf}$  = suhu betis.





Rajah 1. Protokol kajian semasa senaman basikal kesan minuman MC, HC dan P.

#### Pengukuran berat badan

Perubahan berat badan didapat daripada perbezaan antara penimbangan berat badan sebelum dan sesudah ujian senaman ditambah dengan jumlah isipadu minuman yang diberikan. Dianggap 1 liter minuman sama dengan 1 kg berat badan.

#### Pengukuran kadar penggunaan tenaga.

Kadar penggunaan tenaga didapat daripada nilai VO<sub>2</sub> dan VCO<sub>2</sub>. Perhitungannya adalah sebagai berikut: Satu kilokalori (kcal) adalah sama dengan 4.18 kilojoule (kJ). Bagi setiap liter oksigen yang diambil/guna, 17 kJ dihasilkan oleh satu gram karbohidrat dan 39 kJ dihasilkan oleh satu gram lemak.

$$\text{Lemak (g)} \quad Y = (\text{VO}_2 - \text{VCO}_2) / 0.57$$

$$\text{Karbohidrat (g)} \quad Z = (\text{VO}_2 - 1.989) \times Y / 0.828$$

$$\text{Penggunaan tenaga} = (Y \times 39) + (Z \times 17) \text{ kJ.min}^{-1}$$

#### Pengukuran kadar perpeluhan.

Kadar peluh (g.min<sup>-1</sup>) adalah perhitungan daripada perubahan berat badan tolak kehilangan air melalui pernafasan dan penggunaan bahan bakar metabolik (Noakes *et al.*, 1988). Kehilangan air melalui pernafasan diperhitungkan sebagai 0.026 g.kJ<sup>-1</sup> (Pugh *et al.*, 1967). Penggunaan bahan bakar metabolik (g) yang diperoleh daripada jumlah penggunaan tenaga (kJ) semasa ujian-ujian ditukar kedalam gram pengoksidaan bahan bakar tolak air metabolik (g) yang dilepaskan dari pengoksidaan air metabolik (Noakes *et al.*, 1991b). Untuk perhitungan ini ia dianggap bahawa 0.55

g dilepaskan per gram oksidasi karbohidrat dan 1.07 g air dilepaskan per gram pengoksidasi lemak (Noakes *et al.*, 1991a).

#### *Analisa biokimia darah*

Bagi setiap sampel darah vena (10 ml) yang diambil dipisahkan kepada 3 bahagian. Tujuh milliliter sampel darah vena dimasukkan kedalam tabung uji untuk diantikoagulan dengan lithium heparin. Sampel ini disentrifuge selama 5 minit pada 6000 rpm pada suhu 4°C. Plasma yang diperolehi 0.6 ml disimpan dalam suhu -70°C dan dianalisa untuk ammonia dalam tempo 48 jam. Ujian ammonia dianalisa dengan kit komersil (Boehringer Mannheim GmbH, Ammonia), serapannya diukur dengan spektrofotometer memancarkan satu sinar (Quik Lab Instrument). Baki plasma ini disimpan pada suhu (20°C untuk analisa insulin, hormon pertumbuhan, kortisol, urea, gliserol, natrium, kalium, klorida dan kreatin kinase. Insulin (Goetz, 1961), kortisol dan hormon pertumbuhan dianalisa dengan radioimmunoesei. Insulin dan kortisol dianalisa dengan kit komersil radioimmunoesei (Coat-A-Count, Diagnostic Product Corporation) dan manakala kit komersil radioimmunoesei (Double antibody, Diagnostic Product Corporation) digunakan untuk hormon pertumbuhan. Urea dianalisa dengan kit komersil (Boehringer Mannheim GmbH, Test-Combination Urea S), serapannya diukur dengan spektrofotometer (Microflow, Shimadzu CL-750). Natrium dan kalium dianalisa dengan analizer ion-selektif elektrod (AVL 984-S). Klorida dianalisa dengan klorimeter (Jenway PLCM 3). Gliserol (Laurel & Tibbling, 1966) dianalisa dengan kit komersil (Boehringer Mannheim GmbH, Glycerol), serapannya diukur dengan spektrofotometer memancarkan satu sinar (Quik Lab Instrument). Ujian kreatin kinase dianalisa dengan slaid serbuk kering biokimia (Kodak Ektachem DTSC II).

Satu milliliter darah vena diantikoagulan dengan natrium EDTA untuk ujian hemoglobin dan isipadu sel padat. Duapuluh mikroliter darah ini diuji untuk nilai isipadu sel padat dengan menggunakan mikrosentrifuge (Hawskwlay Ltd), dan 20  $\mu$ l lagi digunakan untuk menentukan hemoglobin melalui kaedah sianomethaemoglobin (Boehringer Mannheim GmbH, Test-Combination Hemoglobin). Perubahan peratus isipadu plasma dihitung dari kepekatan hemoglobin dan isipadu sel padat, nilainya diperolehi dengan formula Dill dan Costill (1974).

Dua milliliter darah vena yang akhir digawet dengan natrium flourida. Sampel darah ini disentrifuge selama 5 minit pada 6000 rpm pada suhu 4°C. Plasmanya yang diperolehi disimpan pada suhu (20°C, dan kemudian dianalisa untuk glukosa, asid lemak bebas dan asid laktat. Glukosa ini dianalisa dengan kit komersil (Boehringer Mannheim GmbH, Peridochrom Glucose) dan serapannya diukur dengan spektrofotometer (Microflow, Shimadzu CL-750). Asid lemak bebas (Chromy *et al.*, 1977) dianalisa dengan kit komersil (Boehringer Mannheim GmbH, Free fatty acid, Half-micro test) dan serapannya diukur dengan spektrofotometer memancarkan satu sinar (Quik

Lab Instrument), Laktat plasma dianalisa dengan menggunakan alat penganalisa analizer laktat (Yellow Springs Instrument model 2900).

#### Analisis statistik

Perubahan respons fisiologi, metabolik darah, hematologi, dan masa prestasi berbasikal bagi ketiga-tiga minuman, dianalisa dengan analysis of variance (ANOVA) dan ujian-t (Student's t-test). Ujian statistik dijalankan dengan menggunakan pengisian komputer iStatistical Package for Social Sciences (SPSS). Pada paras probabiliti kurang dari 0.05 ( $p < 0.05$ ) dianggap perbezaan signifikan secara statistik. Data-data yang diperolehi dalam bentuk purata + ralat piawai.

### KEPUTUSAN

#### Subjek

Nilai purata ((ralat piawai) untuk umur, berat badan dan tinggi bagi subjek masing-masing adalah  $24.6 \pm 1.2$  tahun,  $60.7 \pm 2.2$  kg dan  $166.3 \pm 1.7$  sm (Jadual 1).

Nilai purata  $VO_{2max}$  untuk subjek adalah  $44.9 \pm 1.5$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, dengan antara purata 37.3 hingga 52.9 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.Kepekatan asid laktat berhubungan dengan 60%, 70%, 80% dan 90% daripada  $VO_{2max}$  ditentukan bagi subjek masing-masing adalah  $4.1 \pm 0.2$  mmol.l<sup>-1</sup>,  $5.7 \pm 0.5$  mmol.l<sup>-1</sup>,  $8.6 \pm 0.8$  mmol.l<sup>-1</sup> dan  $11.8 \pm 0.6$  mmol.l<sup>-1</sup> (Jadual 3).

**Jadual 3.** Kepekatan asid laktat dan beban kerja berhubungan dengan  $VO_{2max}$  60%, 70%, 80% dan 90% bagi setiap subjek (purata±ralat piawai, n = 10)

Subjek	rehat laktat (mmol.l <sup>-1</sup> )	60% $VO_{2max}$		70% $VO_{2max}$		80% $VO_{2max}$		90% $VO_{2max}$	
		BK (watt)	laktat (mmol.l <sup>-1</sup> )	BK (watt)	laktat (mmol.l <sup>-1</sup> )	BK (watt)	laktat (mmol.l <sup>-1</sup> )	BK (watt)	laktat (mmol.l <sup>-1</sup> )
1. AL	1.8	80	3.0	98	3.6	115	5.5	134	9.4
2. SH	2.1	103	4.9	123	7.5	160	10.8	190	13.2
3. RS	1.0	90	4.1	112	4.4	134	6.0	151	7.7
4. AH	1.4	80	3.2	108	4.1	139	6.7	169	10.7
5. ZD	2.3	83	4.1	104	5.7	124	7.2	144	12.5
6. G.S	1.3	119	3.3	146	5.0	173	8.4	199	12.2
7. KZ	2.4	110	5.1	137	6.7	163	10.0	193	12.8
8. MR	2.9	109	4.6	134	7.6	156	9.6	189	13.4
9. AZ	2.1	91	3.9	114	5.1	134	8.6	156	12.3
10. NZ	1.6	96	5.0	116	7.6	136	11.1	155	12.3
Purata	1.9	96.1	4.1	119.2	5.7	143.4	8.6	168.0	11.8
Ralat piawai	$\pm 0.2$	$\pm 4.3$	$\pm 0.2$	$\pm 4.9$	$\pm 0.5$	$\pm 5.9$	$\pm 0.8$	$\pm 7.3$	$\pm 0.6$

#### Masa prestasi berbasikal



Nilai purata ( $\pm$ ralat piawai) masa prestasi bersenam hingga kepenatan atas ketiga jenis minuman ini adalah  $75.3 \pm 3.4$  min untuk MC,  $84.7 \pm 6.9$  min untuk HC dan  $66.2 \pm 2.2$  min untuk P. Dari ketiga percubaan ini menunjukkan perbezaan masa yang signifikan bagi MC ( $p < 0.01$ ) dan HC ( $p < 0.001$ ) masanya lebih lama dibandingkan dengan P.

#### *Perubahan berat badan dan pemberian minuman*

Kadar perpeluhan purata bagi ketiga-tiga ujian adalah masing-masing  $1.0 \pm 0.1$  l.jam<sup>-1</sup> untuk MC,  $1.3 \pm 0.1$  l.jam<sup>-1</sup> untuk HC dan  $0.9 \pm 0.1$  l.jam<sup>-1</sup> untuk P. Oleh kerana peluhan akibat senaman, berat badan bertelanjang menurun sebanyak  $0.9 \pm 0.1$  kg,  $1.0 \pm 0.1$  kg dan  $0.8 \pm 0.1$  kg masing-masing untuk MC, HC dan P (Jadual 4). Tidak ada perbezaan signifikan diantara ketiga-tiga minuman.

**Jadual 4.** Perubahan berat badan ((BB), pemberian isipadu minuman (ml) semasa ujian MC, HC dan P (purata $\pm$ ralat piawai, n=10)

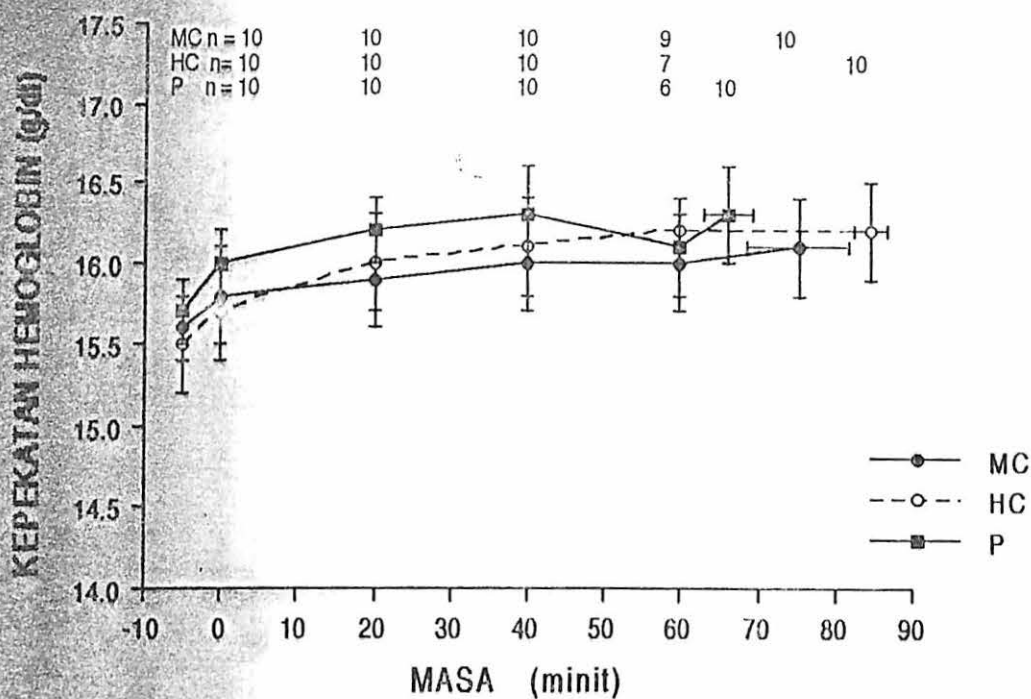
Minuman	berat badan (pre)	berat badan (post)	BB (kg)	minuman (ml)	peratus berat badan
MC	$60.4 \pm 2.3$	$59.6 \pm 2.3$	$0.9 \pm 0.1$	$843.0 \pm 54.8$	$2.8 \pm 0.2$
HC	$60.3 \pm 2.3$	$59.3 \pm 2.2$	$1.0 \pm 0.1$	$872.0 \pm 63.6$	$3.1 \pm 0.2$
P	$60.1 \pm 2.3$	$59.3 \pm 2.2$	$0.8 \pm 0.1$	$718.0 \pm 44.2$	$2.5 \pm 0.2$

Jumlah minuman yang diminum oleh subjek adalah  $843.0 \pm 54.8$  ml untuk MC,  $907.9 \pm 101.2$  ml untuk HC dan  $718.3 \pm 44.2$  ml untuk P. Menambahkan isipadu minuman yang diberikan semasa senaman akan mengakibatkan jumlah penurunan berat badan bagi sebanyak 1.7 kg untuk MC, 1.9 kg untuk HC dan 1.5 kg untuk P. Nilai-nilai ini menunjukkan kehilangan berat badan masing-masing untuk MC, HC dan P adalah 2.8%, 3.1% dan 2.5%. Jumlah pemberian karbohidrat dalam minuman masing-masing adalah  $49 \pm 2.3$  g.l<sup>-1</sup> untuk MC,  $106 \pm 11.8$  g.l<sup>-1</sup> untuk HC.

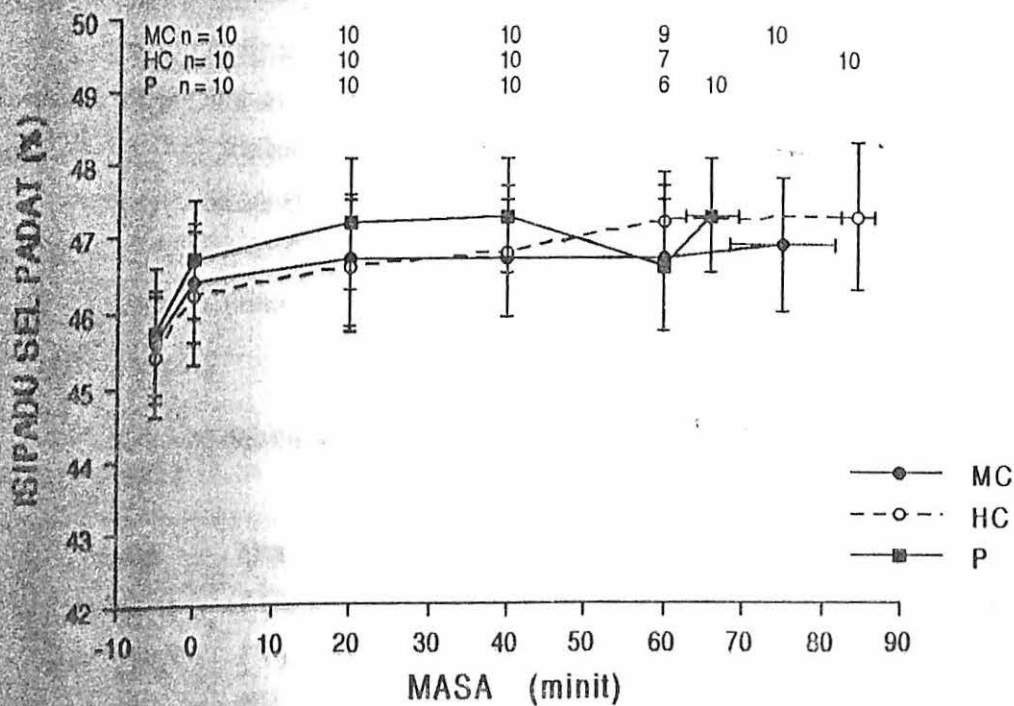
#### *Hemoglobin, isipadu sel padat dan perubahan isipadu plasma*

Kepekatan hemoglobin dan isipadu sel padat tidak berbeza diantara ketiga-tiga minuman ini, akan tetapi kadarnya meningkat semasa senaman (Rajah 2 dan 3). Peratus perubahan Isipadu plasma semasa senaman menurun (Rajah 4). Dari ketiga-tiga minuman ini menunjukkan perbezaan signifikan, tetapi penurunan lebih besar bagi minuman P, berbanding dengan MC dan HC (ANOVA,  $p < 0.001$ ).

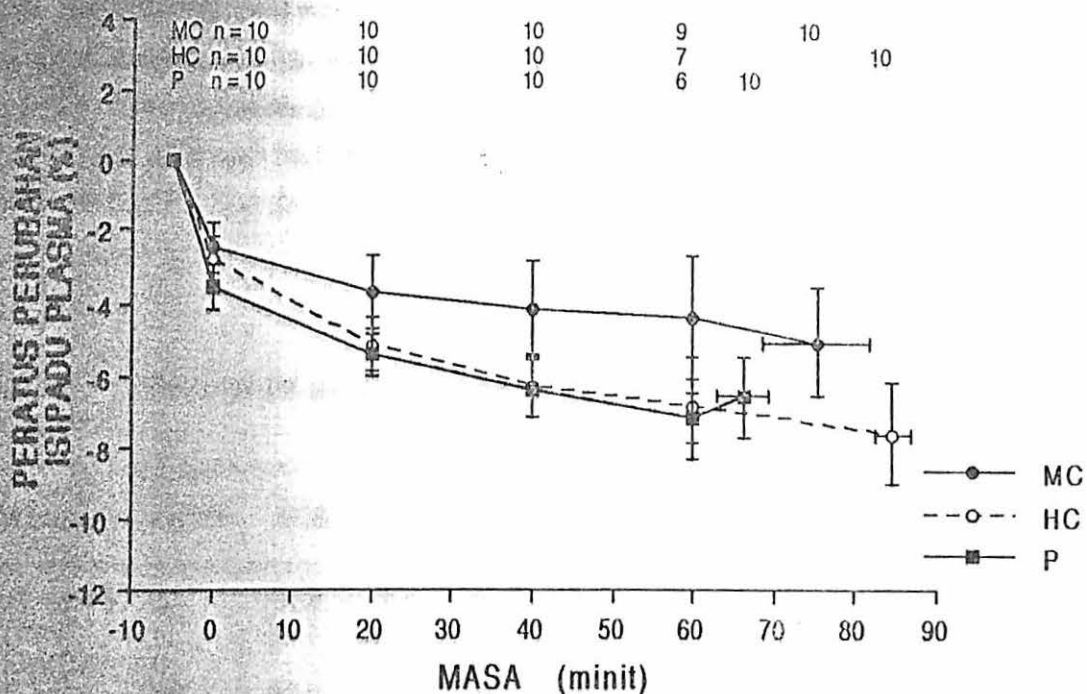




Rajah 2. Kepekatan hemoglobin ( $\text{g. dl}^{-1}$ ) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC and P semasa senaman.



Rajah 3. Kepekatan isipadu sel padat (%) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC and P semasa senaman.



Rajah 4. Peratus perubahan isipadu plasma (%) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC and P semasa senaman.

#### Guasana suhu dan lembab relatif bilik kajian

Nilai purata ( $\pm$  ralat piawai) atas suhu kering dan basah serta lembab relatif pada ketiga kajian ini dapat diperlihatkan pada Jadual 5. Suhu kering adalah sama pada ketiga-tiga percubaan ini (masing-masing MC adalah  $31.0 \pm 0.0$  °C, HC adalah  $31.1 \pm 0.1$  °C, P adalah  $31.1 \pm 0.1$  °C), begitu juga dengan suhu basah, tidak ada perbezaan (masing-masing MC adalah  $29.8 \pm 0.3$  °C, HC adalah  $29.5 \pm 0.2$  °C, P adalah  $29.7 \pm 0.1$  °C). Lembab relatif masing-masing adalah  $91.3 \pm 0.9\%$  untuk MC,  $91.2 \pm 1.1\%$  untuk HC dan  $91.0 \pm 0.8\%$  untuk P.

Jadual 5. Suhu kering dan basah serta lembab relatif pada makmal kajian semasa senaman (purata  $\pm$  ralat piawai).

Parameter	Unit	MC	HC	P
Suhu kering	(°C)	$31.0 \pm 0.0$	$31.1 \pm 0.1$	$31.1 \pm 0.1$
Suhu basah	(°C)	$29.8 \pm 0.3$	$29.5 \pm 0.2$	$29.7 \pm 0.1$
Lembab	(%)	$91.3 \pm 0.9$	$91.2 \pm 1.1$	$91.0 \pm 0.8$

### Suhu tubuh

Tidak ada berbezaan pada suhu kulit purata diantara kumpulan MC, HC dan P walaupun nilai suhu meningkat semasa senaman. Sama juga suhu rektal tidak menunjukkan berbezaan diantara ketiga-tiga ujian, walau bagaimanapun nilai meningkat dari 36.9 °C pada permulaan senaman ke tahap 39.4 °C pada akhir ujian bagi MC, dari 37.1 °C pada permulaan senaman ke tahap 39.3 °C pada akhir ujian bagi HC, dan dari 37.1 °C pada permulaan senaman ke tahap 39.4 °C pada akhir ujian bagi P (Jadual 6).

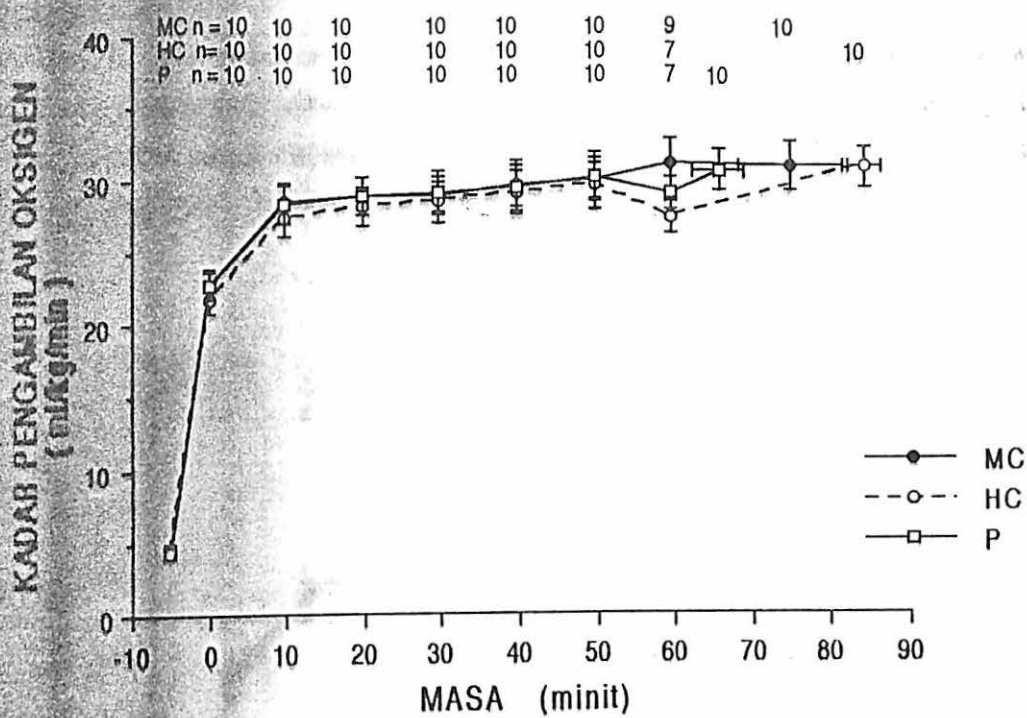
**Jadual 6.** Suhu rektal dan purata suhu kulit atas pemberian minuman MC, HC dan P (purata $\pm$  relatif piawai)

Parameter	Minuman	rehat	wp	MASA (minit)						
				10	20	30	40	50	60	akhir
Suhu rektal (°C)	MC	36.9 $\pm 0.1$	36.9 $\pm 0.1$	37.1 $\pm 0.1$	37.5 $\pm 0.1$	37.8 $\pm 0.1$	38.3 $\pm 0.1$	38.5 $\pm 0.1$	38.9 $\pm 0.2$	39.4 $\pm 0.2$
	HC	37.1 $\pm 0.1$	37.1 $\pm 0.1$	37.4 $\pm 0.1$	37.7 $\pm 0.1$	38.1 $\pm 0.1$	38.5 $\pm 0.1$	38.8 $\pm 0.1$	39.1 $\pm 0.1$	39.3 $\pm 0.2$
	P	37.1 $\pm 0.1$	37.1 $\pm 0.1$	37.3 $\pm 0.1$	37.7 $\pm 0.1$	38.1 $\pm 0.1$	38.4 $\pm 0.1$	38.8 $\pm 0.1$	39.2 $\pm 0.2$	39.4 $\pm 0.2$
Suhu kulit (°C)	MC	33.5 $\pm 0.2$	33.6 $\pm 0.2$	34.7 $\pm 0.2$	35.2 $\pm 0.2$	35.4 $\pm 0.2$	35.7 $\pm 0.2$	35.8 $\pm 0.3$	36.0 $\pm 0.3$	36.1 $\pm 1.0$
	HC	33.2 $\pm 0.2$	33.5 $\pm 0.2$	34.6 $\pm 0.2$	35.1 $\pm 0.2$	35.2 $\pm 0.2$	35.3 $\pm 0.2$	35.5 $\pm 0.2$	35.4 $\pm 0.2$	35.8 $\pm 0.3$
	P	33.5 $\pm 0.1$	33.9 $\pm 0.2$	34.9 $\pm 0.2$	35.3 $\pm 0.2$	35.5 $\pm 0.2$	35.7 $\pm 0.3$	35.9 $\pm 0.3$	35.7 $\pm 0.2$	36.1 $\pm 0.3$

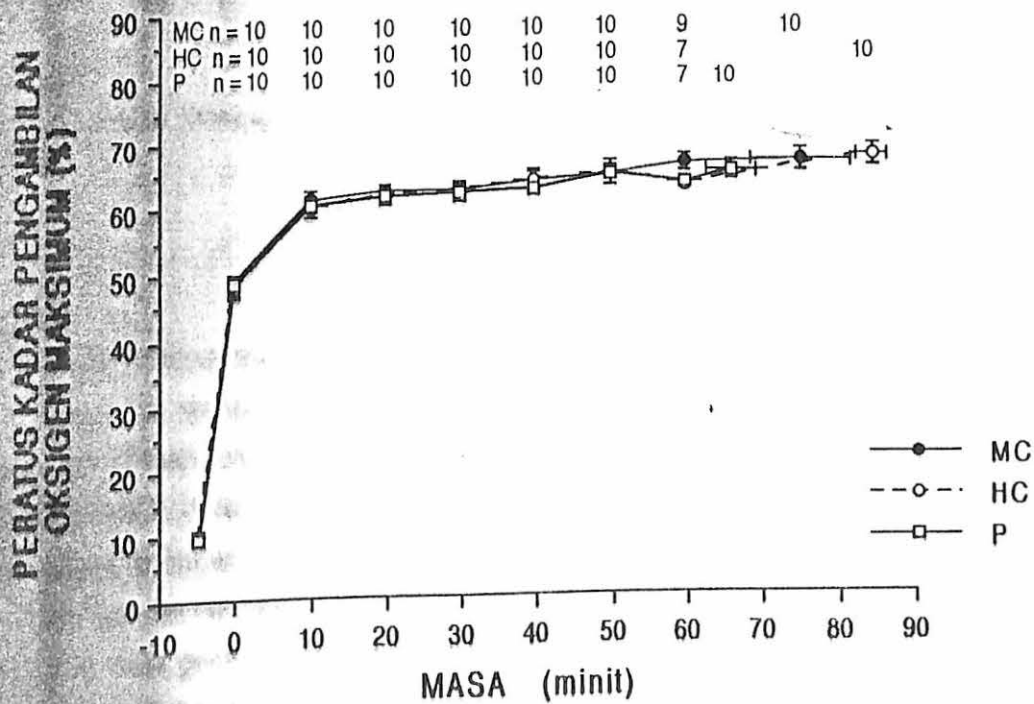
Nota: wp = tempoh pemanasan.

### Pengambilan oksigen

Peningkatan  $VO_2$  subjek semasa senaman basikal bagi ketiga-tiga minuman ditujuk pada Rajah 5. Peningkatan  $VO_2$  ini disebabkan oleh penambahan penggunaan oksigen semasa aktiviti senaman berterusan dan juga oleh peningkatan keperluan dengan penambahan intensiti senaman. Akan tetapi, pengambilan oksigen didapati tidak berbeza yang signifikan atas ketiga-tiga percubaan. Purata  $VO_2$  bagi MC adalah  $31.1 \pm 1.8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , HC adalah  $30.9 \pm 1.5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  dan P adalah  $30.6 \pm 1.7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Jika pengambilan oksigen dinyatakan dengan peratus  $VO_{2\text{max}}$ , ia diperhitungkan bahawa subjek bergayuh dengan intensiti senaman sama pada ketiga percubaan ( $64.0 \pm 1.2\%$  bagi MC,  $63.9 \pm 1.4\%$  bagi HC dan  $63.0 \pm 0.8\%$  bagi P; Rajah 6). Dari ketiga percubaan ini tidak didapati perbezaan yang signifikan atas peratus  $VO_{2\text{max}}$ .



Rajah 5. Kadar pengambilan oksigen (ml. kg. berat badan<sup>-1</sup>) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P semasa senaman.

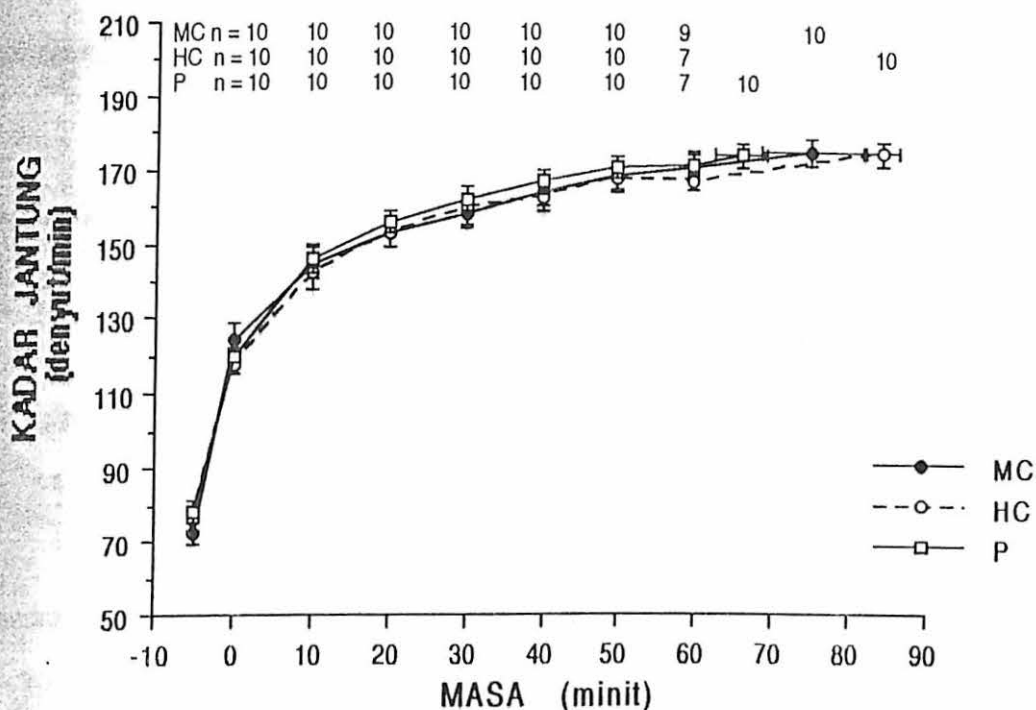


Rajah 6. Peratus kadar pengambilan oksigen maksimum (%) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P semasa senaman.



### Respon kadar jantung

Respon kadar jantung bagi ketiga-tiga percubaan ini ditunjukkan pada Rajah 7. Tidak ada perbezaan yang signifikan pada ketiga-tiga percubaan semasa senaman. Kadar jantung purata pada masa penat adalah masing-masing  $174.9 \pm 4.1$  denyut.min<sup>-1</sup>,  $174.8 \pm 3.5$  denyut.min<sup>-1</sup>,  $174.1 \pm 3.3$  denyut.min<sup>-1</sup> bagi MC, HC dan P, tetapi tidak signifikan secara statistik.



**Rajah 7.** Kadar jantung (denyut.min<sup>-1</sup>) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P semasa senaman.

### Tahap anggapan kemampuan (Perceived rate of exertion) dan skala sensori minuman

Tahap anggapan kemampuan dapat digunakan sebagai petunjuk untuk mengetahui tahap kemampuan. Tahap kemampuan meningkat dari nilai  $8.7 \pm 0.2$  selepas bersenam 20 minit ke nilai  $17.1 \pm 0.2$  untuk P, berbanding dengan nilai  $16.1 \pm 0.4$  untuk MC dan nilai  $15.8 \pm 0.3$  untuk HC. Tahap anggapan kemampuan ini secara signifikan untuk ujian MC ( $p < 0.05$ ) dan untuk ujian HC ( $p < 0.01$ ) lebih rendah berbanding dengan P. Skala sensori minuman yang menentukan perasaan haus, manis, mual, gembung dan perasaan terganggu pada gaster menunjukkan bahawa tidak ada perbezaan bagi ketiga-tiga minuman untuk semua sensori kecuali rasa manis dimana perasaan manis didapati di MC dan HC ( $p < 0.01$ ). Secara keseluruhan tidak ada perbezaan perasaan diantara ketiga-tiga minuman (Jadual 7).

**Jadual 7.** Tahap anggapan kemampuan (Perceived rate of exertion) dan skala sensoris minuman semasa senaman bagi minuman MC, HC dan P. Semua nilai adalah (purata $\pm$ ralat piawai, n=10)

Minuman	MASA (minit)			
	20	40	60	akhir
Tahap anggapan kemampuan				
MC	8.2 $\pm$ 0.2	10.1 $\pm$ 0.4	13.6 $\pm$ 0.6	16.1 $\pm$ 0.4*
HC	8.5 $\pm$ 0.2	10.4 $\pm$ 0.5	12.1 $\pm$ 0.5	15.8 $\pm$ 0.3**
P	8.7 $\pm$ 0.2	12.3 $\pm$ 0.3	13.5 $\pm$ 0.2	17.1 $\pm$ 0.2
Perasaan haus (1= tidak haus; 5= sangat haus )				
MC	1.1 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.2	1.2 $\pm$ 0.1
HC	1.0 $\pm$ 0.0	1.2 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.2	1.5 $\pm$ 0.2
P	1.8 $\pm$ 0.3	1.2 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.0	1.2 $\pm$ 0.1
Rasa manis (1= tidak manis; 5=sangat manis)				
MC	2.9 $\pm$ 0.2	2.9 $\pm$ 0.2	3.3 $\pm$ 0.2	3.0 $\pm$ 0.2**
HC	2.9 $\pm$ 0.3	2.9 $\pm$ 0.3	2.8 $\pm$ 0.1	3.0 $\pm$ 0.0**
P	1.6 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.0	1.6 $\pm$ 0.1
Perasaan mual (1=tidak mual; 5=sangat mual )				
MC	1.0 $\pm$ 0.0	1.3 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.0	1.4 $\pm$ 0.3
HC	1.2 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.0	1.3 $\pm$ 0.2
P	1.1 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.1
Perasaan kembung pada gaster (1= tidak kembung; 5=sangat kembung)				
MC	1.0 $\pm$ 0.0	1.2 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.0	1.6 $\pm$ 0.3
HC	1.0 $\pm$ 0.0	1.3 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.2	1.5 $\pm$ 0.2
P	1.0 $\pm$ 0.0	1.0 $\pm$ 0.0	1.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.1
Perasaan terganggu di gaster (1=tidak ada gangguan; 5=sangat terganggu)				
MC	1.0 $\pm$ 0.0	1.0 $\pm$ 0.0	1.3 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.2
HC	1.0 $\pm$ 0.0	1.0 $\pm$ 0.0	1.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.0
P	1.0 $\pm$ 0.0	1.2 $\pm$ 0.2	1.0 $\pm$ 0.0	1.3 $\pm$ 0.2
Perasaan penerimaan seluruh minuman (1=tersangat tidak suka; 9=tersangat suka)				
MC	6.6 $\pm$ 0.2	6.7 $\pm$ 0.2	7.0 $\pm$ 0.0	6.6 $\pm$ 0.1
HC	6.8 $\pm$ 0.2	6.8 $\pm$ 0.2	6.7 $\pm$ 0.2	6.0 $\pm$ 0.1
P	6.9 $\pm$ 0.1	6.7 $\pm$ 0.2	7.0 $\pm$ 0.0	6.5 $\pm$ 0.2

Perbezaan signifikan dari P \* p<0.05 \*\* p<0.01.

#### Nisbah pertukaran gas (R) dan penggunaan tenaga

Dari ketiga-tiga percubaan yang dijalankan atas pemberian minuman MC, HC dan P, nisbah pertukaran gas tidak didapat perbezaan yang signifikan, walaupun subjek mengambil lebih kurang 49 $\pm$ 2.3 g.l<sup>-1</sup> karbohidrat semasa ujian MC, 106 $\pm$ 1.8 g.l<sup>-1</sup> karbohidrat semasa ujian HC. Pada

ujian MC dan HC, nilai R sampai memuncak (1.06) pada minit 20 dan selepas itu menurun dan masing-masing mencapai nilai 1.05 dan 1.02 untuk MC dan HC pada kepenatan. Pada ujian P masa kepenatan, nilai R adalah 1.00 (Jadual 8).

**Jadual 8.** Nisbah pertukaran gas (R) dan penggunaan tenaga bagi MC, HC dan P semasa senaman. Semua minuman MC, HC dan P (purata $\pm$ alat piawai, n=10).

MASA		(minit)							
Minuman	rehat	wp	10	20	30	40	50	60	akhir
Nisbah pertukaran gas									
MC	0.96 $\pm 0.03$	1.02 $\pm 0.01$	1.05 $\pm 0.01$	1.06 $\pm 0.01$	1.04 $\pm 0.01$	1.03 $\pm 0.01$	1.05 $\pm 0.01$	1.03 $\pm 0.01$	1.05 $\pm 0.02$
HC	0.91 $\pm 0.03$	1.02 $\pm 0.02$	1.05 $\pm 0.01$	1.06 $\pm 0.01$	1.03 $\pm 0.01$	1.04 $\pm 0.01$	1.04 $\pm 0.01$	1.03 $\pm 0.01$	1.02 $\pm 0.01$
P	0.91 $\pm 0.03$	1.03 $\pm 0.02$	1.05 $\pm 0.01$	1.05 $\pm 0.02$	1.03 $\pm 0.01$	1.04 $\pm 0.02$	1.05 $\pm 0.02$	1.04 $\pm 0.01$	1.00 $\pm 0.02$
Penggunaan tenaga (kJ.min <sup>-1</sup> )									
MC	4.4 $\pm 0.2$	22.7 $\pm 0.9$	28.7 $\pm 1.0$	29.1 $\pm 1.1$	29.0 $\pm 1.1$	29.9 $\pm 1.3$	30.3 $\pm 1.2$	30.7 $\pm 1.3$	31.2 $\pm 1.4$
HC	4.6 $\pm 0.3$	22.2 $\pm 0.8$	28.1 $\pm 1.0$	28.9 $\pm 0.9$	29.0 $\pm 1.0$	29.6 $\pm 1.1$	30.1 $\pm 1.1$	29.9 $\pm 1.0$	31.5 $\pm 1.1$
P	4.4 $\pm 0.2$	22.5 $\pm 1.1$	28.2 $\pm 1.0$	28.8 $\pm 1.0$	28.9 $\pm 1.0$	29.2 $\pm 1.0$	30.1 $\pm 1.0$	29.7 $\pm 1.2$	30.3 $\pm 1.3$
Jumlah oksidasi karbohidrat (g.min <sup>-1</sup> )									
MC	0.3 $\pm 0.0$	1.3 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.1$	2.1 $\pm 0.1$	1.9 $\pm 0.1$	2.1 $\pm 0.1$	2.2 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.2$	2.2* $\pm 0.2$
HC	0.3 $\pm 0.0$	1.3 0.1	2.0 $\pm 0.1$	2.1 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.1$	2.1 $\pm 0.1$	2.1 $\pm 0.1$	2.1 $\pm 0.1$
P	0.3 $\pm 0.0$	1.3 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.1$	1.9 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.1$	2.1 $\pm 0.1$	2.0 $\pm 0.1$	1.8 $\pm 0.1$

Perbezaan signifikan berbanding dengan P \* p<0.05.

Kadar penggunaan tenaga dihitung daripada nilai VO<sub>2</sub> dengan VCO<sub>2</sub>. Nilai purata yang didapati adalah 30.0 $\pm$ 1.2 kJ.min<sup>-1</sup>, 29.9 $\pm$ 1.0 kJ.min<sup>-1</sup>, 29.3 $\pm$ 1.1 kJ.min<sup>-1</sup>, masing-masing untuk MC, HC dan P (Jadual 8). Pengambilan tenaga sepanjang tiga hari sebelum setiap ujian disenarai di Jadual

9. Tenaga yang diambil adalah  $9.1 \pm 0.3$  MJ dan karbohidrat mewakili  $61.7 \pm 0.9\%$  daripada jumlah tenaga. Mengayuh basikal ergometer dalam keadaan haba dan lembab tinggi mengakibatkan kegunaan tenaga sebanyak 2.3 MJ, 2.6 MJ, P 2.1 MJ masing-masing untuk MC, HC dan P.

Kadar jumlah oksidasi karbohidrat bagi ketiga-tiga minuman ditunjukkan pada Jadual 3.7. Ternyata bahawa penggunaan lebih tinggi bagi minuman MC dan HC. Dimana didapati berbeza signifikan pada minit akhir berbanding dengan P bagi minuman MC ( $p < 0.05$ ). Kadar jumlah oksidasi karbohidrat purata masing-masing bagi MC, HC dan P adalah  $2.1 \pm 0.0 \text{ g.min}^{-1}$ ,  $2.1 \pm 0.0 \text{ g.min}^{-1}$  dan  $1.9 \pm 0.0 \text{ g.min}^{-1}$ .

**Jadual 9.** Pengambilan tenaga harian dan nutrien subjek, tiga hari sebelum setiap ujian (purata  $\pm$  ralat piawai,  $n=10$ ).

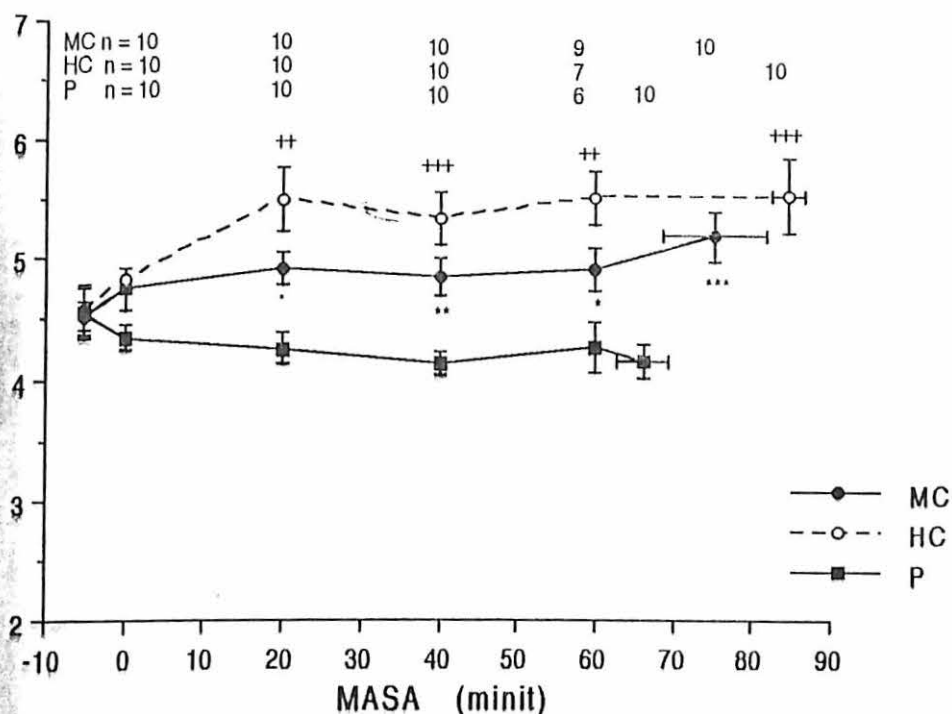
Parameter	unit	
Jumlah tenaga	(MJ )	$9.1 \pm 0.3$
Karbohidrat % tenaga	(g )	$337.7 \pm 12.6$ $61.7 \pm 0.9$
Protein % tenaga	(g )	$83.0 \pm 3.1$ $15.1 \pm 0.5$
Lemak % tenaga	(g)	$58.8 \pm 2.2$ $23.3 \pm 0.8$

#### *Kepekatan glukosa plasma*

Kepekatan glukosa plasma sebelum pemberian MC, HC dan P masing-masing adalah  $4.4 \pm 0.1 \text{ mmol.l}^{-1}$ ,  $4.5 \pm 0.2 \text{ mmol.l}^{-1}$ ,  $4.5 \pm 0.2 \text{ mmol.l}^{-1}$ , tidak ada perbezaan yang signifikan (Rajah 8). Berbanding dengan P kepekatan glukosa plasma untuk MC meningkat secara signifikan pada minit 20 ( $4.9 \pm 0.2 \text{ mmol.l}^{-1}$  vs  $4.3 \pm 0.1 \text{ mmol.l}^{-1}$ ;  $p < 0.05$ ), dan selepas itu ia mendatar. Pada masa kepenatan paras glukosa meningkat kepada  $5.2 \pm 0.2 \text{ mmol.l}^{-1}$ . Untuk minuman HC, glukosa juga meningkat secara signifikan ( $5.5 \pm 0.3 \text{ mmol.l}^{-1}$  vs  $4.3 \pm 0.1 \text{ mmol.l}^{-1}$ ;  $p < 0.01$ ) pada minit 20 dan selepas itu kekal lebih kurang kepada paras tersebut. Peningkatan kepekatan glukosa plasma meningkat dengan masa bagi minuman MC dan HC (ANOVA,  $p < 0.001$ ). Semasa ujian P, kepekatan glukosa plasma menurun sepanjang senaman (ANOVA,  $p < 0.01$ ) dan mencapai nilai  $4.1 \pm 0.2 \text{ mmol.l}^{-1}$  pada masa kepenatan.



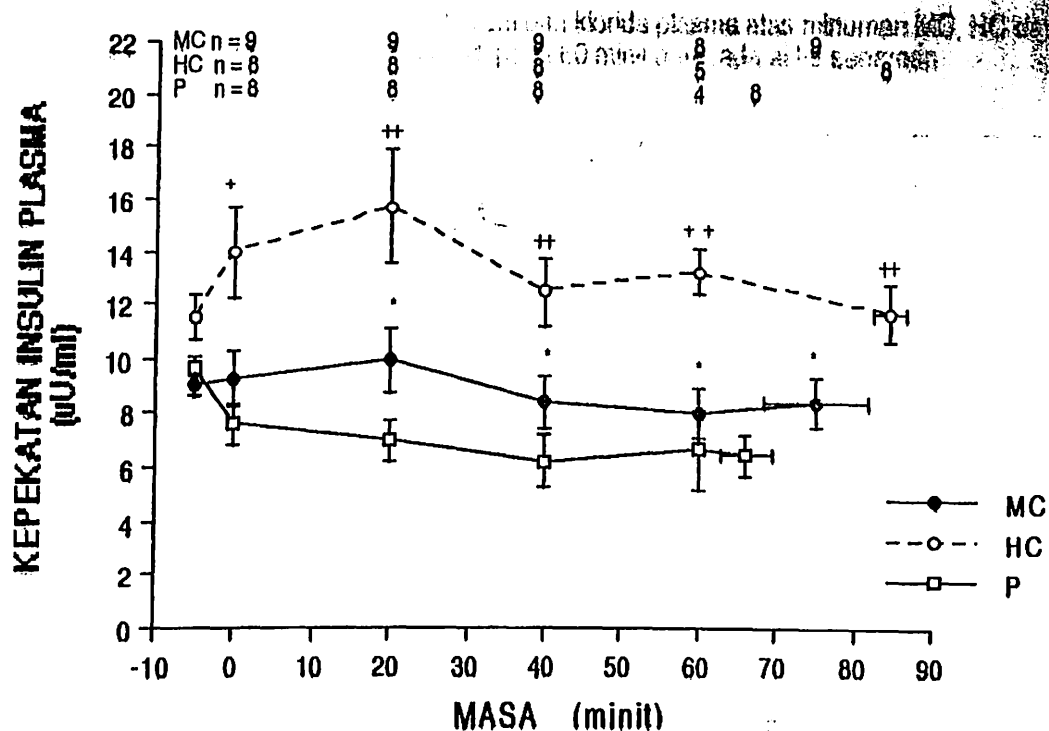
# KEPEKATAN GLUKOSA PLASMA (mmol/l)



**Rajah 8.** Kepekatan glukosa plasma ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) bagi minuman MC, HC dan P hingga kepenatan (purata $\pm$ alat plawai; \*  $p<0.05$ ; \*\*  $p<0.01$ ; \*\*\*  $p<0.001$  untuk MC berbanding dengan P, +  $p<0.05$ ; ++  $p<0.01$ ; +++  $p<0.001$  untuk minuman HC).

## Kepekatan insulin plasma

Perubahan kepekatan insulin plasma untuk ketiga-tiga ujian dapat diperlihatkan pada Rajah 9. Sebelum diberi minuman, kepekatan insulin plasma masing-masing untuk MC, HC dan P adalah  $9.1\pm0.4 \mu\text{U.ml}^{-1}$ ,  $11.4\pm0.7 \mu\text{U.ml}^{-1}$  dan  $9.7\pm0.4 \mu\text{U.ml}^{-1}$ . Tidak ada perbezaan yang signifikan diantara ketiga-tiga nilai. Berbanding dengan minuman P insulin plasma meningkat secara signifikan pada minit 20 bagi MC ( $9.9\pm1.1 \mu\text{U.ml}^{-1}$  vs  $7.0\pm0.7 \mu\text{U.ml}^{-1}$ ;  $p<0.05$ ) dan bagi HC ( $15.77\pm2.1 \mu\text{U.ml}^{-1}$  vs  $7.0\pm0.7 \mu\text{U.ml}^{-1}$ ;  $p<0.01$ ). Selepas itu kepekatan insulin plasma menurun pada minit 40 tetapi masih signifikan bagi MC ( $8.4\pm0.9 \mu\text{U.ml}^{-1}$  vs  $6.2\pm0.9 \mu\text{U.ml}^{-1}$ ;  $p<0.05$ ) dan bagi HC ( $12.4\pm1.2 \mu\text{U.ml}^{-1}$  vs  $6.2\pm0.9 \mu\text{U.ml}^{-1}$ ;  $p<0.01$ ). Pada kepenatan insulin plasma mencapai tahap  $8.4\pm0.8 \mu\text{U.ml}^{-1}$  untuk MC dan  $11.7\pm1.0 \mu\text{U.ml}^{-1}$  untuk HC. Perubahan kepekatan insulin plasma sepanjang senaman adalah signifikan untuk HC (ANOVA,  $p<0.001$ ) dan untuk MC (ANOVA,  $P<0.05$ ). Untuk minuman P insulin plasma menurun secara sederhana sehingga akhir senaman (ANOVA,  $p<0.05$ ).



**Rajah 9.** Kepekatan insulin plasma ( $\mu\text{U}.\text{ml}^{-1}$ ) bagi minuman MC, HC dan P hingga kepenatan (purata $\pm$ ralat piawai; \*  $p<0.05$ ; \*\*  $p<0.01$  untuk MC berbanding dengan P dan +  $p<0.05$ ; ++  $p<0.01$  untuk minuman HC).

#### Kepekatan elektrolit plasma

Untuk ketiga-tiga jenis minuman yang diberikan, tidak didapati perbezaan atas kepekatan natrium, kalium dan klorida plasma sepanjang senaman (Jadual 10).

#### Kepekatan ammonia dan urea plasma

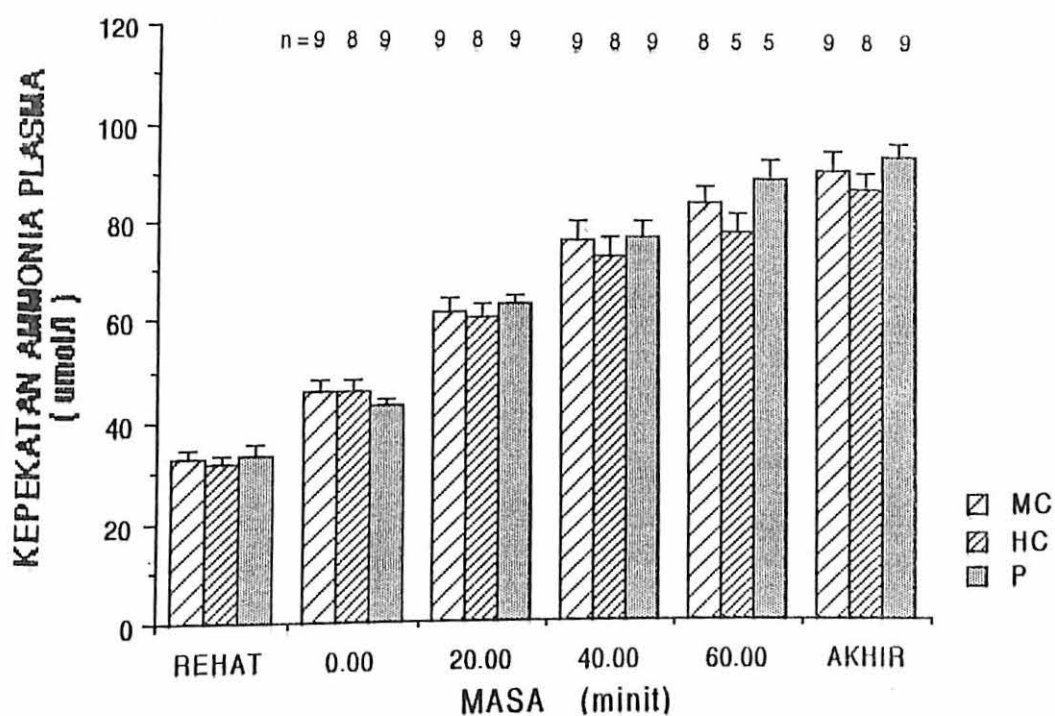
Kepekatan ammonia plasma meningkat semasa senaman untuk ketiga-tiga ujian (ANOVA,  $p<0.001$ ). Tidak ada perbezaan signifikan diantara ketiga-tiga minuman tersebut pada setiap ukuran, walaupun nilai ammonia rendah untuk minuman HC berbanding dengan MC dan P mulai dari minit 20 (Rajah 10).

Kepekatan urea plasma juga lebih tinggi berbanding dengan nilai sebelum senaman pada akhir ujian untuk ketiga-tiga minuman (ANOVA,  $p<0.01$ ). Tiada berbeza signifikan diantara ketiga-tiga ujian (Rajah 11).

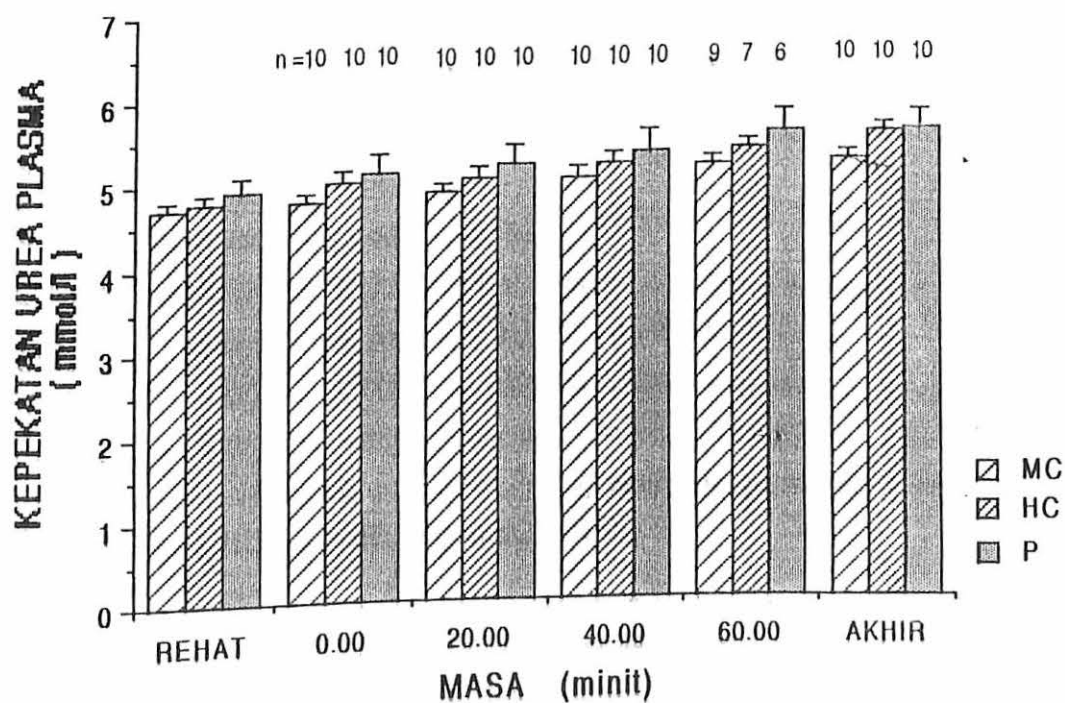
**Jadual 10.** Kepekatan elektrolit natrium, kalium dan klorida plasma atas minuman MC, HC dan P semasa rehat , pada 20 minit, pada 40 minit, pada 60 minit dan pada akhir senaman (purata±ralat piawai, n=10).

Minuman	rehat	wp	MASA (minit)			
			20	40	60	akhir
Natrium (mmol.l <sup>-1</sup> )						
MC	144.0 ±0.7	143.9 ±0.6	144.3 ±0.5	144.5 ±0.5	144.7 ±0.4	143.9 ±0.7
HC	143.2 ±0.8	144.4 ±0.6	144.2 ±0.5	144.9 ±0.5	144.7 ±0.5	144.4 ±0.7
P	143.3 ±0.6	144.3 ±0.5	144.3 ±0.4	144.5 ±2.0	144.1 ±0.5	144.5 ±0.5
Kalium (mmol.l <sup>-1</sup> )						
MC	4.3 ±0.2	4.6 ±0.1	4.9 ±0.1	5.2 ±0.4	5.3 ±0.4	5.1 ±0.2
HC	4.1 ±0.1	4.7 ±0.2	4.7 ±0.1	4.9 ±0.2	5.1 ±0.1	4.9 ±0.2
P	4.4 ±0.1	4.7 ±0.1	5.0 ±0.1	5.2 ±0.1	5.4 ±0.1	5.2 ±0.1
Klorida (mmol.l <sup>-1</sup> )						
MC	100.0 ±0.9	102.0 ±0.6	102.0 ±0.6	102.0 ±0.6	102.0 ±0.6	102.0 ±0.6
HC	101.0 ±0.6	102.0 ±0.6	103.0 ±0.6	102.0 ±0.9	101.0 ±0.6	102.0 ±0.3
P	101.0 ±0.6	102.0 ±0.6	103.0 ±0.6	103.0 ±0.6	103.0 ±0.6	102.0 ±0.6

Nota: wp = tempoh pemanasan



Rajah 10. Kepekatan ammonia plasma ( $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P sepanjang ujian (purata $\pm$ ralat piawai).

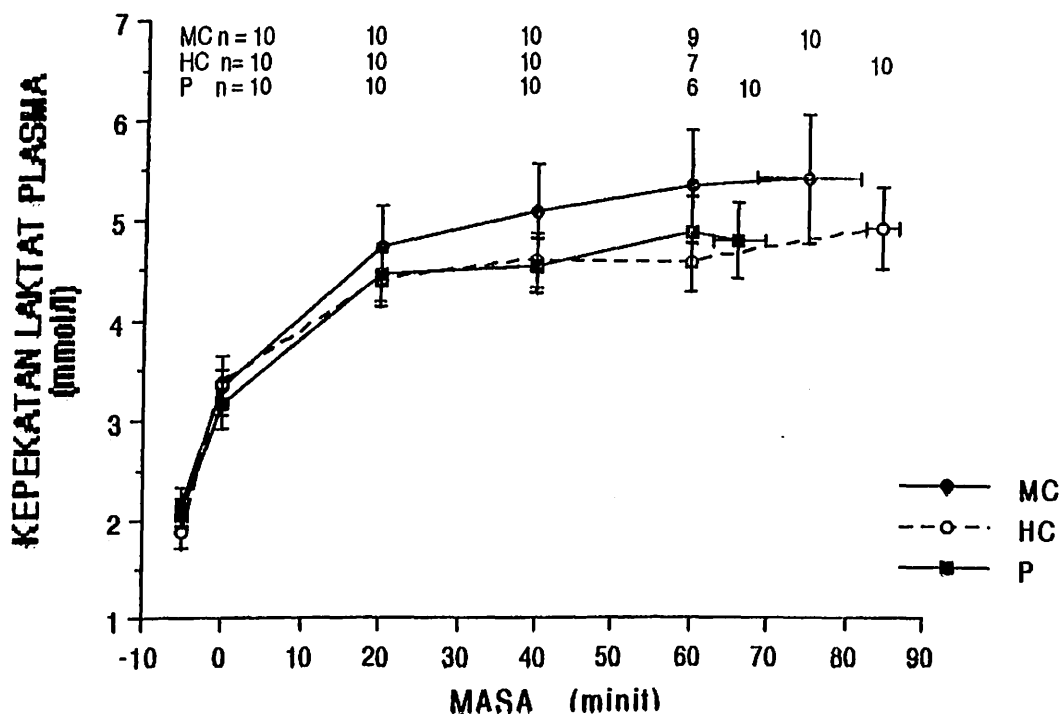


Rajah 11. Kepekatan plasma urea ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P sepanjang ujian (purata $\pm$ ralat piawai).



### Kepekatan laktat plasma.

Kepekatan laktat plasma meningkat secara progresif hingga akhir senaman untuk ketiga-tiga minuman (ANOVA,  $p < 0.001$ ; Rajah 12). Walau bagaimanapun nilai laktat plasma untuk MC lebih tinggi berbanding dengan ujian HC dan P tetapi tidak berbeza secara statistik.



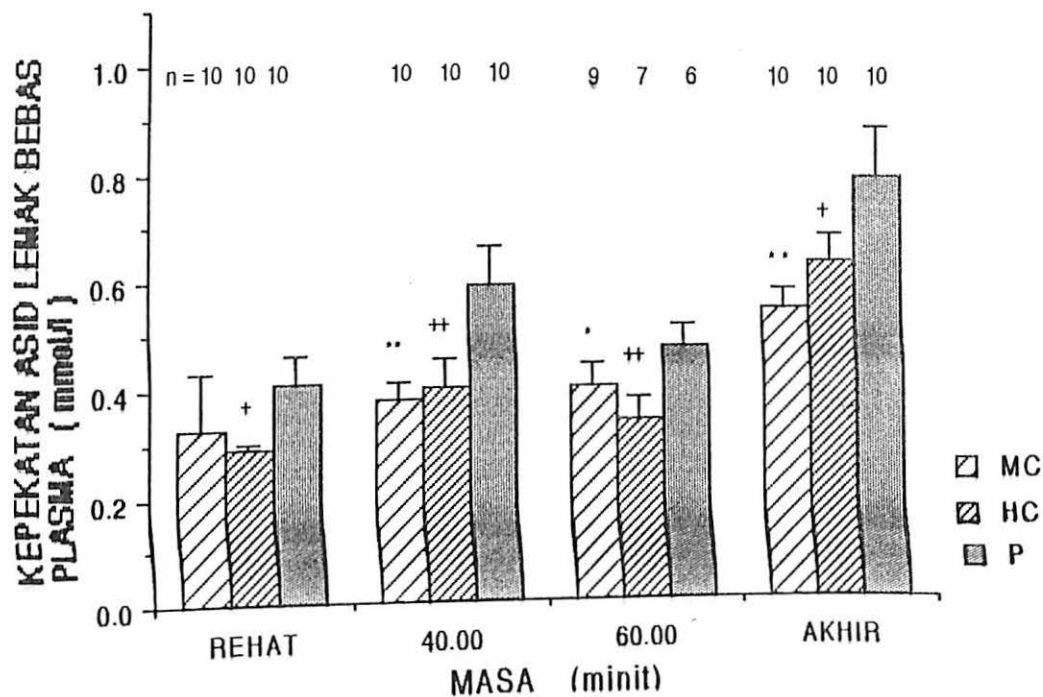
Rajah 12. Kepekatan laktat plasma ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P sepanjang ujian (purata  $\pm$  ralat piawai).

### Kepekatan asid lemak bebas dan gliserol plasma

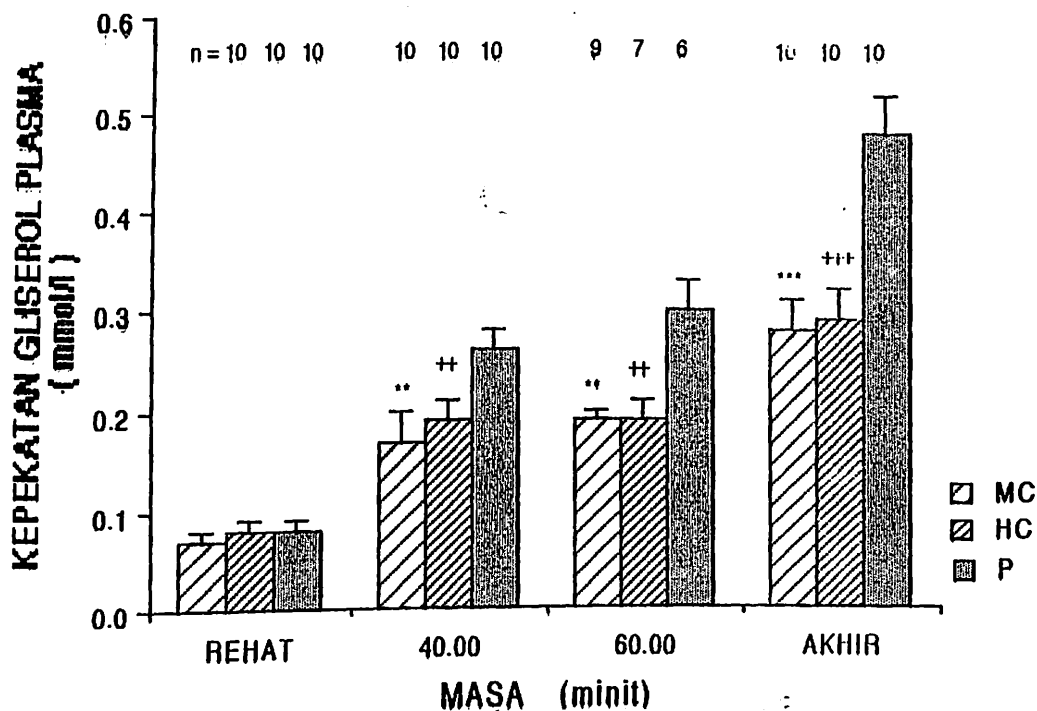
Perubahan kepekatan plasma asid lemak bebas semasa senaman dapat dilihat pada Rajah 13. Asid lemak bebas plasma meningkat ( $p < 0.01$ ) pada minit 40, untuk pemberian minuman P berbanding dengan minuman MC dan HC. Akhir ujian, asid lemak bebas meningkat ( $p < 0.001$ ) bagi ketiga-tiga ujian berbanding dengan paras rehat tetapi terdapat berbezaan signifikan diantara minuman MC dan HC berbanding dengan P. Peningkatan nilai asid lemak bebas adalah lebih rendah untuk MC ( $p < 0.01$ ) berbanding dengan HC ( $p < 0.05$ ).

Perubahan gliserol plasma akibat minuman MC, HC dan P dapat diperlihatkan pada Rajah 14. Kepekatan gliserol plasma mulai tampak perubahan pada minit 40, hal mana pada ujian P lebih tinggi daripada minuman karbohidrat (MC dan HC,  $p < 0.01$ ), begitu juga pada minit 60 ( $p < 0.01$ ). Pada akhir senaman tampak jelas perbezaan yang signifikan diantara MC dan HC dengan P ( $p < 0.001$ ). Kepekatan gliserol plasma meningkat lima kali ganda bagi ujian P berbanding dengan peningkatan tiga kali ganda bagi minuman karbohidrat.

Keputusan ini menunjukkan bahawa suplemen karbohidrat mengakibatkan peningkatan kepekatan asid lemak bebas dan gliserol yang rendah semasa dan pada akhir ujian berbanding dengan ujian P.



Rajah 13. Perubahan kepekatan plasma asid lemak bebas ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) semasa senaman bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P (purata $\pm$ ralat piawai; \*  $p<0.05$ ; \*\* $p<0.01$  untuk P berbanding dengan MC; +  $p<0.05$ ; ++ $p<0.01$  untuk P berbanding dengan HC).



Rajah 14. Perubahan kepekatan plasma gliserol ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ) semasa senaman bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P (purata(ralat piawai); \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ , untuk P berbanding dengan MC; ++  $p < 0.01$ ; +++  $p < 0.001$ , untuk P berbanding dengan HC).

#### Kepekatan plasma hormon pertumbuhan dan kortisol

Perubahan respon hormon pertumbuhan kepada ketiga-tiga minuman ditunjukkan pada Jadual 11. Apabila dibanding dengan nilai rehat kepekatan hormon pertumbuhan bagi ketiga-tiga ujian meningkat pada akhir senaman (MC,  $p < 0.01$ , HC,  $p < 0.001$ , P,  $p < 0.01$ ). Walau bagaimanapun tidak ada perbezaan nilai hormon pertumbuhan diantara ketiga-tiga minuman sebelum ( $8.0 \pm 2.4 \text{ mU.l}^{-1}$  bagi MC,  $6.3 \pm 1.9 \text{ mU.l}^{-1}$  bagi HC,  $4.6 \pm 1.4 \text{ mU.l}^{-1}$  bagi P) dan selepas ujian ( $30.2 \pm 7.2 \text{ mU.l}^{-1}$  bagi MC,  $29.6 \pm 4.7 \text{ mU.l}^{-1}$  bagi HC,  $35.1 \pm 6.9 \text{ mU.l}^{-1}$  bagi P).

Kepekatan plasma hormon kortisol juga lebih tinggi ( $p < 0.001$ ) pada ketiga-tiga percubaan pada akhir senaman berbanding dengan sebelum senaman. Walaubagaimanapun tidak ada perbezaan yang signifikan atas ketiga-tiga percubaan tersebut sebelum ( $306.2 \pm 29.1 \text{ nmol.l}^{-1}$  bagi MC,  $303.6 \pm 32.0 \text{ nmol.l}^{-1}$  bagi HC,  $309.5 \pm 29.8 \text{ nmol.l}^{-1}$  bagi P) dan selepas ( $507.7 \pm 43.4 \text{ nmol.l}^{-1}$  bagi MC,  $518.9 \pm 47.5 \text{ nmol.l}^{-1}$  bagi HC,  $495.0 \pm 39.6 \text{ nmol.l}^{-1}$  bagi P). ujian masing-masing untuk MC, HC dan P.



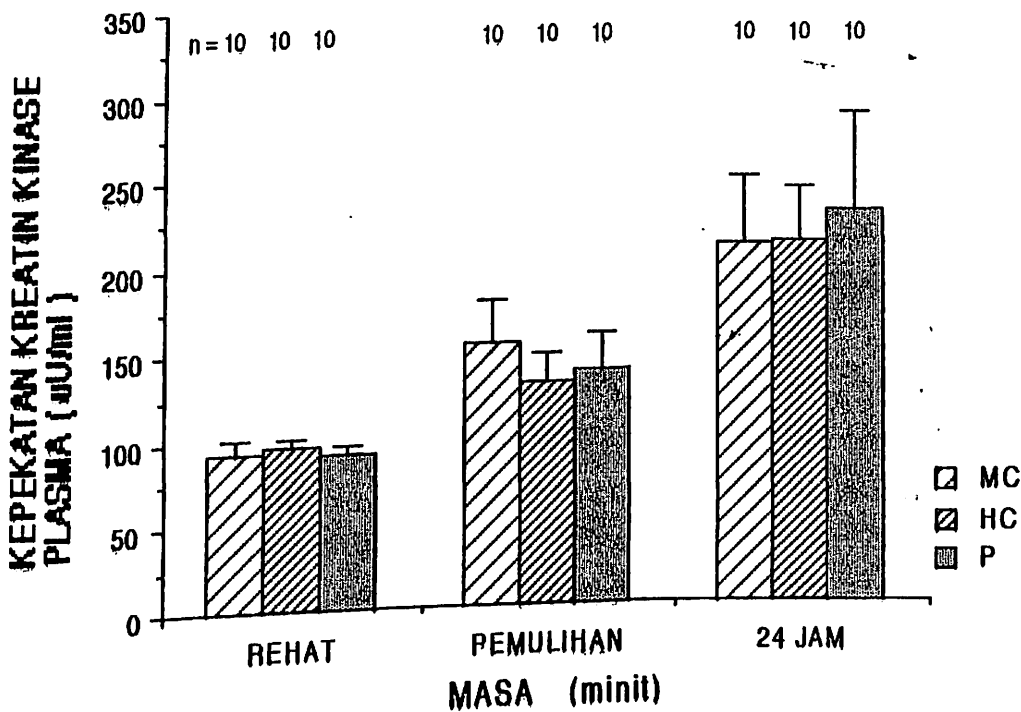
Jadual 11. Kepekatan plasma hormon pertumbuhan dan kortisol dalam percubaan MC, HC dan P (nilai purata( piawai, n=10)

Plasma hormon	ujian minuman	rehat	akhir
Hormon pertumbuhan ±mU.l <sup>-1</sup> )	MC	8.0±2.4	30.2±7.2**
	HC	6.3±1.9	29.6±4.7***
	P	4.6±1.4	35.1±6.9**
Plasma kortisol ±nmol.l <sup>-1</sup> )	M	306.2±29.2	507.7±46.4 ***
	HC	303.6±32.1	518.8±47.5 ***
	P	309.5±29.8	495.0±39.6 ***

\*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001 berbanding dengan rehat.

### Kepekatan plasma kreatine kinase

Kepekatan plasma kreatine kinase meningkat semasa senaman pada ketiga-tiga ujian (p<0.05). Tidak ada berbezaan diantara ketiga-tiga ujian. Semasa pemulihan senaman dan selepas 24 jam, kreatine kinase berterusan berhimpun di dalam plasma. Sehari selepas ujian, nilainya lebih tinggi (p<0.01) berbanding dengan nilai yang didapati sejurus selepas ujian. Tambahan pula, tidak ada berbeza dalam nilai kreatine kinase diantara ketiga-tiga minuman selepas 24 jam (Rajah 15).



Rajah 15. Perubahan kepekatan plasma kreatin kinase bagi ketiga-tiga minuman MC, HC dan P semasa pemulihan senaman dan 24 jam selepas ujian (purata±ralat piawai).

## PERBINCANGAN

Hasil keputusan utama kajian ini menunjukkan bahawa minuman karbohidrat berelektrolit (MC dan HC) dapat meningkatkan prestasi dalam suasana haba dan lembab tinggi meskipun mengekalkan fungsi pengaturan suhu dan fungsi sirkulasi sama dengan placebo. Walaupun demikian, didapati juga perbezaan signifikan dalam masa berbasikal untuk kedua-dua minuman karbohidrat-elektrolit dengan masa 9.4 minit lebih panjang untuk HC (masing-masing  $84.7 \pm 6.9$  minit vs  $75.3 \pm 3.4$  minit bagi HC dan MC).

Beberapa kajian terdahulu menemukan bahawa pemberian suplemen karbohidrat sepanjang senaman berterusan dapat membaiki prestasi senaman (Bjorkman *et al.*, 1984; Coggan & Coyle, 1987; Coyle *et al.*, 1983; Davis *et al.*, 1988b; Hargreaves *et al.*, 1984; Ivy *et al.*, 1983; Murray *et al.*, 1987; Murray *et al.*, 1989; Wolfe *et al.*, 1986). Prestasi ini dipengaruhi oleh perubahan pengosongan kadar glikogen otot (Bjorkman *et al.*, 1984; Hargreaves *et al.*, 1984; Wolfe *et al.*, 1986) atau gangguan sistem saraf pusat oleh kerana hipoglikemi (Christensen & Hansen, 1939b; Pruett, 1970; Wahren *et al.*, 1971). Meskipun, jumlah karbohidrat untuk berkesan meningkatkan kapasiti ketahanan terdapat berbeza diantara kajian. Bjorkman *et al.* (1984), melaporkan bahawa masa prestasi ketahanan dapat dibaiki 18% ( $137 \pm 13$  min vs  $116 \pm 13$  min) bagi subjek yang diberi minuman glukosa 7% (250 ml) setiap 20 minit ( $52.5 \text{ g} \cdot \text{jam}^{-1}$ ) semasa berbasikal submaksimal hingga kepenatan pada intensiti senaman  $\text{VO}_{2\text{max}}$  68%. Pada kajian yang serupa dilakukan oleh Coyle *et al.* (1986), masa ketahanan hingga kepenatan pada  $\text{VO}_{2\text{max}}$  71% menunjukkan peningkatan dari 3 hingga 4 jam (33%) ketika kumpulan penunggang basikal terlatih diberi glukosa polimer pada interval setiap 20 minit ( $100 \text{ g} \cdot \text{jam}^{-1}$ ). Sepanjang tempoh senaman, walaupun kedua-dua kajian ini melaporkan peningkatan secara signifikan kepada kapasiti ketahanan, hanya kajian yang dijalankan oleh Bjorkman *et al.* (1984), menunjukkan penjimatan glikogen akibat pemberian glukosa semasa senaman. Secara kontras, Maughan *et al.* (1989), melaporkan bahawa masa berbasikal hingga kepenatan dapat dibaiki 29% ( $90.8 \pm 12.4$  min vs  $70.2 \pm 8.3$  min) ketika subjek diberi minuman karbohidrat-elektrolit cecair (4%). Tidak ada peningkatan kapasiti ketahanan apabila subjek diberi minuman karbohidrat-elektrolit pekat (36%).

Pada ketiga-tiga kajian diatas, pemberian karbohidrat berjumlah kira-kira 105 g glukosa dalam 1.5 liter air (Bjorkman *et al.*, 1984), 400 g dalam 3.0 liter air (Coyle *et al.*, 1986) dan 38 g glukosa dalam 1.0 liter air (Maughan *et al.*, 1989), masing-masing memperbaiki prestasi sebanyak 20 minit, 60 minit dan 21 minit. Intensiti senaman relatif bagi ketiga-tiga ini adalah sama dan perbezaan prestasi ini kemungkinan disebabkan oleh perbezaan status latihan subjek. Apapun juga kadar karbohidrat yang dimetaboliskan oleh penunggang basikal terlatih, (Coyle *et al.*, 1986), boleh dianggap bahawa pengambilan oksigen ( $3.3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) adalah lebih besar daripada dua kajian yang lainnya ( $2.8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  dan  $2.6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ; Bjorkman *et al.*, 1984; Maughan *et al.*, 1989). Akan tetapi, jumlah karbohidrat yang diberikan (400 g) bagi penunggang basikal terlatih ternyata kira-kira

lebih dari dua kali ganda yang diperlukan bagi membaiki prestasi selama 60 minit (Coyle *et al.*, 1986).

Kepekatan bagi MC dan HC adalah 6% dan 12%, masing-masing mengandungi  $59.6 \pm 1.2 \text{ g.l}^{-1}$  karbohidrat bagi MC dan  $117.3 \pm 1.7 \text{ g.l}^{-1}$  karbohidrat bagi HC dan mengakibatkan pemberian sebanyak  $32.4 \pm 1.2 \text{ g karbohidrat.jam}^{-1}$  bagi MC dan  $63.6 \pm 2.4 \text{ g karbohidrat.jam}^{-1}$  bagi HC. Beberapa kajian berbasikal terdahulu melaporkan bahawa pemberian minuman karbohidrat dapat membaiki kapasiti ketahanan, karbohidrat yang diberikan adalah diantara 22 hingga  $111 \text{ g.jam}^{-1}$  (Coyle *et al.*, 1986; Fielding *et al.*, 1985; Maughan *et al.*, 1989; Mitchell *et al.*, 1989; Murray *et al.*, 1991; Wright *et al.*, 1991).

Pengambilan oksigen ( $\text{VO}_2$ ) meningkat pada awal senaman dan kemudian meningkat secara kecil atau lebih kurang mendatar pada ketiga-tiga ujian (Rajah 5). Peningkatan pengambilan oksigen pada awal senaman menunjukkan permintaan oksigen serta kegunaan oksigen semasa tempoh senaman. Pengambilan oksigen dan peratus kadar pengambilan oksigen maksimal (Rajah 6) menjadi datar kerana intensiti mengayuh basikal adalah sama sepanjang senaman hingga kepenatan. Kadar jantung (Rajah 7) juga menunjukkan kecenderungan yang sama dan pada kajian ini membuktikan bahawa jenis kadar jantung senaman berhubungan dengan pengambilan oksigen semasa senaman berterusan. Ini menunjukkan bahawa berbezaan yang didapati pada kadar jantung dalam kajian ini menyerupai berbezaan pada  $\text{VO}_2$ .

Kajian tentang kadar pengosongan gaster bagi cecair karbohidrat menunjukkan bahawa pengosongan menjadi semakin lambat apabila kepekatan karbohidrat meningkat lebih daripada 2.5% (Costill & Saltin, 1974). Oleh itu disyorkan bahawa minuman pengantibalik cecair yang mengandungi lebih daripada 2.5% karbohidrat tidak seharusnya diberikan. Diketahui bahawa penghantaran cecair dapat rencat kerana kepekatan karbohidrat yang berlebihan, dimana pengaturan suhu badan terganggu semasa senaman dalam suasana haba. Bertentangan dengan yang dicadangkan, Yaspelkins dan Ivy (1991), mendapati tidak ada perbezaan diantara ketiga-tiga minuman (air, karbohidrat 2% atau karbohidrat 8%) atas perubahan suhu badan semasa senaman dalam suasana haba. Keputusan kajian ini juga menunjukkan tidak ada berbezaan yang signifikan diantara ketiga-tiga minuman (MC, HC dan P) untuk meregulasi suhu badan. Ini sama dengan kajian lain yang baru-baru ini menunjukkan bahawa pemberian minuman cecair pengganti yang mengandungi karbohidrat sehingga 15% dapat menyokong pentermopengawalatur secara berkesan seperti air semasa bersenam dalam suasana berhaba (Candas *et al.*, 1986; Carter & Gisolfi, 1989; Costill *et al.*, 1970; Murray *et al.*, 1989; Owen *et al.*, 1986; Ryan *et al.*, 1989; Yaspelkis & Ivy, 1991). Candas *et al.* (1986), menunjukkan bahawa apabila subjek berbasikal selama 4 jam pada  $\text{VO}_{2\text{max}}$  50% dalam suhu  $34^\circ\text{C}$  dan diberikan minuman 100 ml setiap 10 minit air atau suplemen karbohidrat 15%, suhu badan sama diantara kedua-dua minuman ini semasa senaman. Murray *et al.* (1989), menunjukkan bahawa subjek berbasikal selama 1.5 jam berselang-selang pada  $\text{VO}_{2\text{max}}$

65% dalam lingkungan 33,4°C juga dapat mengekalkan termoregulasi. Pada kajian tersebut, subjek diberi air atau minuman sukrosa kepekatan 6.0%, 8.0% dan 10% sebanyak 2.5 ml.kg berat badan<sup>-1</sup> setiap 20 minit. Pada kajian tersebut didapati bahawa peningkatan suhu rektal semasa senaman adalah sama pada semua jenis minuman yang diberikan. Kajian ini juga menunjukkan tidak ada berbezaan peningkatan suhu rektal pada ketiga-tiga minuman (MC, HC dan P) walaupun kajian ini dijalankan pada suasana haba (31.1°C) dan lembab tinggi (91.2%).

Diperlihatkan bahawa perubahan isipadu plasma semasa senaman tidak berbeza apabila diberi air atau suplemen karbohidrat (Candas *et al.*, 1986; Murray *et al.*, 1989; Power *et al.*, 1990; Yasphelkis & Ivy, 1991). Secara kontras, Ryan *et al.*, (1989), menunjukkan bahawa suplemen polimer glukosa 5% mengurangkan perubahan isipadu plasma semasa senaman berbanding dengan air. Disamping itu, Carter & Gisolfi (1989), menunjukkan bahawa suplemen polimer glukosa 7.5% menunjukkan kesan perubahan isipadu plasma yang sama. Akan tetapi, Owen *et al.*, (1986), melaporkan dalam keadaan haba bahawa penurunan isipadu plasma yang terbesar diakibatkan dari minuman suplemen karbohidrat 10% berbanding dengan air. Pada kajian ini perubahan isipadu plasma adalah sama besar untuk P (-6.6±1.1%) dan HC (-7.6±1.4%) berbanding dengan MC yang menunjukkan perubahan isipadu plasma yang kecil (-5.1±1.5%). Begitu juga Coyle *et al.* (1978) melaporkan bahawa suplemen karbohidrat 7.5% mengakibatkan peratus perubahan isipadu plasma yang kecil berbanding dengan air dalam keadaan haba. Sebab-sebab untuk berbezaan perubahan isipadu plasma akibat pemberian suplemen karbohidrat yang ditunjukkan oleh Owen *et al.* (1986) dan kajian ini dan kajian Coyle *et al.*, (197) tidak diketahui, tetapi kemungkinan berkaitan dengan berbezaan jenis karbohidrat yang digunakan, osmolaliti suplemen dan kepekatan dalam elektrolit.

Sebagai tambahan, peningkatan suhu tubuh semasa senaman dalam suasana haba ternyata meningkatkan kadar penggunaan karbohidrat endogenous badan (Dimri *et al.*, 1980; Young *et al.*, 1985). Rowell *et al.*, (1969), menemukan bahawa senaman pada VO<sub>2max</sub> 50% dalam suhu 49°C terjadi peningkatan pengeluaran glukosa hepar berbanding dengan suasana suhu normal. Oleh itu, kemungkinan berfaedah untuk atlet yang menjalankan senaman-aerobik dalam suasana berhaba untuk mengambil suplemen karbohidrat bagi mengganti stor karbohidrat akibat peningkatan penggunaan karbohidrat. Dalam kajian ini, minuman HC meningkatkan glukosa plasma melebihi paras sebelum senaman. Disamping itu juga mengekalkan oksidasi karbohidrat sepanjang senaman, berbanding dengan penurunan oksidasi karbohidrat yang berlaku pada minuman placebo. Ini menunjukkan faedah minuman HC tanpa memberi kesan atas regulasi suhu.

Hasil kajian ini menunjukkan peningkatan kepekatan laktat plasma semasa senaman dalam suasana haba dan lembab tinggi untuk ketiga-tiga minuman. Dimana pada akhir ujian senaman masing-masing adalah 5.4±0.6 mmol.l<sup>-1</sup>, 4.9±0.4 mmol.l<sup>-1</sup> dan 4.8±0.4 mmol.l<sup>-1</sup> untuk MC, HC dan P. Keputusan ini sama dengan pengkaji lain (Dimri *et al.*, 1980; Fink *et al.*, 1975; MacDougall



*et al.*, 1974; Yaspelkis & Ivy, 1991; Young *et al.*, 1985), bilamana senaman dilakukan dalam suasana haba. Peningkatan paras laktat darah dalam suasana haba. Jicadangkan berlaku kerana pengurangan aliran darah pada otot-otot yang aktif hingga terjadi hipoksia setempat. Peningkatan laktat ini dipercayai berlaku kerana bergantung kepada penghasilan tenaga anaerobik (Fink *et al.*, 1975). Walau bagaimanapun, Nielsen *et al.*, (1990) dan Savard *et al.*, (1988), melaporkan bahawa aliran darah pada otot yang aktif tidak dikurangkan ketika

senaman dilakukan dalam suasana panas. Selain daripada aliran darah, kemungkinan ada faktor lain yang menyebabkan peningkatan laktat darah. Young *et al.*, (1985), melaporkan kepekatan laktat darah selaras dengan paras laktat otot. Ini menunjukkan pelepasan laktat setempat secara langsung menyebabkan peningkatan kepekatan laktat darah semasa senaman dalam haba. Sebaliknya, Nielsen *et al.*, (1990), melaporkan bahawa dalam suasana haba pada masa yang sama peningkatan laktat darah berlaku, pelepasan laktat dari kaki menurun. Oleh itu, jika pelepasan laktat rangkaian dari tisu otot aktif tidak meningkat semasa senaman pada keadaan haba, ia boleh dibayangkan bahawa peningkatan laktat darah ini boleh diakibatkan oleh penurunan klearans laktat darah dan atau peningkatan pelepasan laktat darah dari otot yang tidak aktif. Seperti telah diuraikan dahulu senaman dalam keadaan haba, menunjukkan penurunan klearans laktat (Rowell *et al.*, 1969), dan oleh sebab itu mungkin menyebabkan peningkatan kepekatan laktat darah semasa senaman dalam keadaan haba. Oleh kerana semasa senaman dalam keadaan haba paras katekolamin darah meningkatkan (Nielsen *et al.*, 1990; Powers *et al.*, 1982), ia mungkin boleh menyebabkan glikogenolisis dalam tisu-tisu otot yang tidak aktif (Ahlborg, 1985; Stainsby *et al.*, 1985) dan seterusnya menyebabkan peningkatan pelepasan laktat dari tisu-tisu ini. Keadaan ini mungkin menyebabkan peningkatan laktat darah yang lebih besar semasa senaman dalam keadaan haba.

Pada kajian ini, nisbah pertukaran gas (R) adalah diantara 0.96 hingga 1.05 bagi MC, 0.91 hingga 1.02 bagi HC, 0.91 hingga 1.00 bagi P. Dari nilai ini menunjukkan bahawa karbohidrat adalah sumber bahan bakar utama pada ketiga-tiga ujian ini. Nilai R pada kajian ini lebih berbanding dengan kajian lain oleh Davis *et al.*, (1988a), yang melaporkan tidak ada berbezaan yang signifikan pada nilai R (0.89-0.96) yang dilakukan pada senaman berbasikal berselang seling dengan pemberian minuman glukosa-elektrolit 6%, glukosa-elektrolit 12% dan air (placebo). Ahborg dan Felig (1976), melaporkan bahawa pemberian glukosa semasa senaman menyebabkan perubahan metabolisme yang bergantung kepada glukosa darah. Oleh itu, didapati nilai R lebih tinggi semasa konsumsi glukosa. Disamping itu, Essen *et al.*, (1977) mendapati bahawa nilai R tidak berbeza antara ujian senaman berterusan dan berselang selang pada intensiti senaman yang sama.

Kajian yang menggunakan pelbagai cecair kepekatan karbohidrat semasa senaman berpanjangan telah menunjukkan berbezaan sedikit pada kadar oksidasi karbohidrat total dan eksogenous antara cecair-cecair ini, walaupun jumlah besar karbohidrat dikosongkan dari gaster dan diserap oleh

darah dengan cecair yang lebih pekat (Maughan *et al.*, 1989; Rehrer, 1990). Oleh sebab itu tanpa mengira kepekatan cecair, hanya sebahagian karbohidrat yang diambil dapat digunakan untuk metabolisme otot. Karbohidrat yang berlebihan mungkin dialirkan kepada dan distor didalam hepar (Van Handel *et al.*, 1980) dan otot-otot yang tidak terlibat dalam senaman (Kuipers *et al.*, 1987).

Dalam kajian ini yang berlangsung dalam suasana haba dan lembab tinggi kepekatan glukosa adalah lebih tinggi bagi HC berbanding dengan MC (Rajah 3.8). Apabila dibandingkan dengan kajian pada keadaan rehat peningkatan kepekatan glukosa tidak begitu tinggi tetapi cenderung peningkatan glukosa untuk HC dan MC adalah sama. Penurunan glukosa yang besar didapati semasa senaman, kemungkinan kerana peningkatan pengambilan oleh otot-otot yang berfungsi (Hermansen *et al.*, 1967). Pada keadaan rehat penurunan glukosa plasma ini disebabkan oleh produksi berlebihan insulin sebagai respon dari hiperinsulinemi. Pengaturan paras glukosa dalam darah terutama dipengaruhi oleh kepekatan insulin, juga oleh hormon kortisol, pertumbuhan dan adrenalin. Dalam kajian ini insulin plasma semasa senaman menurun, penurunan ini kemungkinan oleh sebab pengaruh peningkatan noradrenalin di dalam darah mengakibatkan pelepasan insulin dihambat (Haggendal *et al.*, 1970). Keputusan ini pada masa rehat, kerana insulin plasma meningkat secara berterusan dan kekal hingga akhir ujian. Penurunan kepekatan insulin semasa senaman dapat meningkatkan lipolisis tisu adiposa dan kemungkinan terhadapnya penggunaan glukosa pada tisu. Disamping itu penurunan kepekatan insulin semasa senaman juga mengurangi transport glukosa ke dalam otot (Ploug *et al.*, 1985).

Dengan minuman placebo kepekatan glukosa darah menurun berbanding dengan sebelum senaman, tetapi masih melebihi paras hipoglisemi (iaitu  $>2.5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ). Nilai glukosa pada akhir senaman dengan minuman placebo adalah  $4.1 \pm 0.2 \text{ mmol.l}^{-1}$ . Beberapa kajian telah menunjukkan bahawa pemberian minuman yang mengandungi karbohidrat menyebabkan peningkatan kepekatan glukosa secara signifikan berbanding dengan pemberian air atau placebo (Coggan & Coyle, 1988; Coyle *et al.*, 1983; Coyle *et al.*, 1986; Hargreaves *et al.*, 1984; Mitchell *et al.*, 1988). Disamping itu, hingga pada minit ke 30, kadar oksidasi karbohidrat adalah sama untuk ketiga-tiga ujian. Walau bagaimanapun, pada peringkat akhir senaman kadar oksidasi karbohidrat bagi ujian P menurun berbanding dengan kedua-dua ujian MC dan HC. Minuman HC meningkatkan prestasi mengayuh basikal, kemungkinan karbohidrat yang diperolehi dari minuman tersebut diserap dan menjimatkan glikogen hepar. Oleh sebab itu, penambahan karbohidrat ini kemungkinan menjelaskan peningkatan prestasi mengayuh basikal dikekalkan hingga  $84.7 \pm 6.9$  minit.

Walaupun ketiga-tiga ujian ini dijalankan dalam keadaan haba, suasana ini tidak akan meningkatkan kadar glikogenolisis otot jika dibandingkan dengan suasana termoneutral. Ini telah diuraikan oleh kajian Yaspelkis *et al.*, (1993) dengan mengukur kepekatan glikogen otot. Keputusan yang sama juga didapati dari Young *et al.*, (1985) dan Nielsen *et al.*, (1990).

Ketiga-tiga ujian kajian ini dijalankan dengan mengikuti tiga hari puasa pemakanan yang mengandungi (60% karbohidrat dan berpuasa sepanjang malam. Kemungkinan stor glikogen hepar telah berkurangan secara signifikan berbanding jika tidak berpuasa sebelum ujian (Hultman & Nilsson, 1971; Nilsson & Hultman, 1973). Kebanyakan glukosa yang dibebaskan kepada sirkulasi dihasilkan dari degradasi glikogen hepar (Hultman & Sjoholm, 1983). Hormon-hormon sirkulasi mengawalatur penghasilan glukosa hepatic semasa senaman (Hultman & Harris, 1988). Ia telah dicadangkan bahawa pemberian karbohidrat semasa senaman kemungkinan mengakibatkan kekurangan glikogenolisis dan glukoneogenesis hepar (Coggan & Coyle, 1991). Kepekatan kortisol dan hormon pertumbuhan adalah sama pada akhir ketiga-tiga ujian.

Kepekatan asid lemak bebas plasma (Rajah 3.13) dan gliserol (Rajah 3.14) adalah sama nilai yang dilaporkan oleh Maron *et al.*, (1975) untuk lari berpanjangan. Peningkatan besar pada plasma gliserol berhubungan dengan kepekatan asid lemak bebas pada ujian P, kemungkinan diakibatkan peningkatan kegunaan asid lemak bebas sebagai substrat tenaga (Ahlborg *et al.*, 1974; Maron *et al.*, 1975). Peningkatan kepekatan asid lemak bebas plasma menunjukkan pengurangan kadar glikogenolitik (Costill *et al.*, 1977) dan mengurangkan pengambilan glukosa plasma oleh otot-otot (Hargreaves & Richter, 1988). Sebagai alternatif metabolit-metabolit asid lemak bebas mungkin merencelkan aktiviti enzim glikolitik had kadar fosfofruktokinase (Coggan, 1991; Hargreaves & Richter, 1988). Pada ketiga-tiga minuman (MC, HC dan P), kepekatan berlaku walaupun ada bahan bakar yang cukup. Dengan itu paras metabolisme lipid yang tinggi pada P kemungkinan memainkan peranan dalam menghadkan kapasiti ketahanan.

Peningkatan ammonia plasma yang didapati pada kajian ini adalah konsisten dengan pencerapan dahulu untuk senaman submaksimal berpanjangan (Broberg & Sahlin, 1988; MacLean *et al.*, 1991). Salah satu sumber untuk ammonia plasma ini adalah aktiviti deaminasi AMP dalam sel otot yang menunjukkan/menandakan pecahan nukleotida adenin disebabkan oleh glikogen otot yang rendah (Broberg & Sahlin, 1989). Oleh itu, Brouns *et al.*, (1990), mencadangkan bahawa paras ammonia di dalam otot yang tinggi kemungkinan berkaitan dengan penghasilan kepenatan otot semasa senaman berpanjangan. Walaupun kepekatan tinggi ammonia otot adalah sekunder kepada kekurangan terada glikogen, tidak jelas sama ada peningkatan ammonia ini mempercepat proses kepenatan yang mungkin berlaku dalam keadaan stor karbohidrat yang rendah. Dalam kajian ini, kepekatan ammonia plasma adalah hampir sama, walaupun rendah sedikit untuk ujian HC (Rajah, 3.10). Satu lagi punca ammonia kemungkinan adalah penambahan kadar metabolisme protein (Wagenmaker *et al.*, 1991). Peningkatan urea plasma, satu penanda kadar metabolisme protein (Stryer, 1988) meningkat ke paras yang sama dalam ketiga-tiga ujian. Oleh yang demikian, kepekatan ammonia plasma yang tinggi didapati pada ujian P menunjukkan kegunaan asid amino untuk tenaga.

Pembebasan kreatin kinase (CK) dari otot skelet kedalam sirkulasi sistemik telah digunakan untuk menilai takat kerosakan otot semasa senaman berpanjangan (Apple *et al.*, 1985; Roger *et al.*, 1985). Kepekatan kreatin kinase plasma puncaknya pada 24 jam selepas senaman berpanjangan. Dalam kajian ini, kepekatan kreatin kinase plasma adalah sama bagi ketiga-tiga minuman yang menunjukkan bahawa kerosakan kepada serat otot dalam ketiga-tiga ujian adalah sama.

Peningkatan plasma kalium akibat senaman secara prinsipnya berlaku akibat pergerakan kalium dari otot-otot yang mengecut (Linderger & Sjogaard, 1991). Eflux-efflux kalium besar melintasi sarkolema kemungkinan mengganggu kouplin eksitasi-kontraksi serat-serat otot (Sjogaard *et al.*, 1985). Oleh sebab itu, kuasa penghasilan kapasiti bagi otot akan menurun. Pergerakan berlawanan daripada ion-ion natrium kedalam sel otot, yang mengakibatkan kekurangan kepekatan plasma, kelihatannya tidak begitu jelas. Depolarisasi membran sel melalui efluks kalium, merencatkan canal natrium pantas. Tambahan pula, cecair ekstraseluler tampaknya menanpan pergerakan ion natrium lebih efektif berbanding dengan pergerakan ion kalium (McKenna, 1992). Kesan gabungan fenomena ini kemungkinan menghuraikan kepekatan natrium plasma yang stabil secara relatif, berbanding dengan peningkatan kepekatan kalium plasma dalam ujian ini.

Kekurangan stor glikogen kemungkinan boleh menyebabkan kepenatan, tetapi ada juga faktor-faktor lain yang boleh dihuraikan ketidakmampuan untuk meneruskan senaman ini. Dehidrasi adalah salah satu faktor yang boleh mempengaruhi prestasi semasa senaman perpanjangan (Maughan & Noakes, 1991b). Pada kajian ini, kekurangan berat badan sebanyak 2.8%, 3.1% dan 2.5% dihitung masing-masing untuk MC, HC dan P. Perubahan pada isipadu plasma adalah  $-5.1 \pm 1.5\%$ ,  $-7.7 \pm 1.5\%$  dan  $-6.6 \pm 1.5\%$  masing-masing untuk MC, HC dan P (Rajah 3.4), manakala suhu kor (rektal) adalah sama untuk ketiga-tiga minuman (Jadual 3.5). Perubahan pada isipadu plasma subjek ini adalah sama dengan yang dilaporkan dalam keadaan haba (Brodowicz *et al.*, 1984; Davis *et al.*, 1988). Apa yang menarik adalah peratus perubahan isipadu plasma adalah sama untuk HC dan P. Peratus perubahan isipadu plasma yang besar bagi HC kemungkinan boleh disebabkan oleh kesan osmolaliti minuman HC yang mempunyai nilai 684 mOsm, dua kali ganda nilai osmolaliti MC. Osmolaliti yang tinggi kemungkinan menghambat pengosongan gaster dan dengan itu, tidak dapat halang dehidrasi dan isipadu plasma menurun. Kajian disokong oleh Fink *et al.* (1983) yang melaporkan bahawa karbohidrat yang mempunyai osmolaliti tinggi (antara 260 hingga 680 mOsm.l<sup>-1</sup>) akan menghambat pengosongan gaster. Pada kajian yang sama dilaporkan oleh McHugh & Moran (1979), menunjukkan bahawa larutan glukosa dan saline pada osmolaliti yang sama, larutan glukosa menunjukkan hambatan pengosongan gaster yang signifikan.

Dengan kekurangan isipadu plasma yang besar dan kekurangan air badan akibat kadar perpeluhan yang tinggi, mekanisme termoregulasi terganggu. Kedua-dua kesan ini kemungkinan mengurangkan kembali darah vena dan meningkatkan osmolaliti plasma. Keadaan ini mengurangkan aliran darah ke kulit untuk memelihara aliran darah ke otot yang berfungsi (Fortney



*et al.*, 1984). Akibatnya, kehilangan haba berkurang dan haba yang disimpan dalam badan kemungkinan memainkan peranan untuk menyebabkan kepenatan. Ini disokong dengan data suhu rektal dalam kajian ini yang menunjukkan suhu setinggi 39°C dalam ketiga-tiga ujian.

Gangguan kepada gastrousus, penurunan besar pada isipadu plasma, dan suhu rektal yang tinggi adalah faktor-faktor yang kemungkinan dapat dipercayai dapat mengurangkan prestasi senaman (Davis *et al.*, 1988; Lamb dan Brodowicz, 1986; Murray *et al.*, 1988). Pada kajian ini, tiada satu minuman yang diberi dikaitkan dengan respon sensori atau fisiologik yang kemungkinan mempengaruhi secara negatif prestasi berbasikal. Ini menunjukkan bahawa minuman karbohidrat-elektrolit dapat ditoleransi dari kedua-dua sudut pandangan sensori dan fisiologik.

Penemuan bahawa minuman karbohidrat berelektrolit HC (12%) memanjangkan masa senaman hingga kepenatan dalam keadaan haba dan lembab tinggi adalah menarik kerana dicadangkan bahawa dalam keadaan haba kandungan karbohidrat di dalam minuman penggantibalik tidak melebihi 10% (Brauns, 1991; Candas *et al.*, 1986; Davis *et al.*, 1988; Murray *et al.*, 1987; Owen *et al.*, 1986).

Dari hasil kajian ini, rekomendasi bahawa hanya air atau minuman yang mengandungi karbohidrat cecair (karbohidrat <2.5%) diambil semasa senaman (American Dietetic Association, 1987; Costill & Saltin, 1974; Foster *et al.*, 1980) dan bahawa pemberian karbohidrat tidak melebihi 10% dalam keadaan haba (Brauns, 1991; Candas *et al.*, 1986; Davis *et al.*, 1988; Murray *et al.*, 1987; Owen *et al.*, 1986) harus diubahsuaikan.

## KESIMPULAN

Hasil kajian ini menunjukkan bahawa pengambilan placebo air dan minuman yang mengandungi 6% (MC) dan 12% (HC) karbohidrat berelektrolit menghasilkan respons sensori dan fisiologik (pentermokawalaturan, kadar jantung, pengambilan oksigen, kadar perpeluhan) yang sama semasa berbasikal dengan intensiti moderat dalam suasana haba dan lembab tinggi. Tambahan pula, kajian ini menunjukkan bahawa pemberian karbohidrat semasa senaman boleh memperlambat masa kepenatan berbanding dengan pemberian placebo, masa senaman lebih panjang terutama pada minuman HC.

Kepekatan glukosa darah secara signifikan lebih tinggi pada kedua-dua ujian karbohidrat, tetapi kesemua kadar oksidasi karbohidrat pada ujian adalah sama. Secara menarik, pengambilan karbohidrat sebanyak  $63.6 \pm 2.4 \text{ g} \cdot \text{jam}^{-1}$  pada HC tidak menghalang prestasi senaman dalam haba dan lembab tinggi. Kemungkinan himpunan respons berlawanan kepada pemberian karbohidrat bertindak memperpanjang masa senaman. Dalam kesimpulan ini, suplemen karbohidrat sebanyak

12% dapat membantu mengekai glukosa plasma, pengawatur suhu serta meningkatkan prestasi berbasikal perpanjangan dalam suasana haba dan tekanan tinggi.

## RUJUKAN

- Ahlborg, G., Felig, P., Hagenfeldt, L., Hendler, R. & Wahren, J. (1974). Turnover during prolonged exercise in man. Splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids and amino acids. *J. Clin. Invest.* 53, 1080-090.
- Ahlborg, G. (1985). Mechanism for glycogenolysis in nonexercising human muscle during and after exercise. *Am. J. Physiol.* 248 (11), E540-E543.
- American College of Sports Medicine. (1985). The prevention of thermal injuries during distance running. In: American College of Sports Medicine, position stands and opinion and statements (1975-1985). Indianapolis, In. Am. Coll.Sports Med.
- American Dietetic Association. (1987). Position of the American Dietetic Association: Nutrition for physical fitness and athletic performance for adults. *J. Am. Diet. Assoc.* 87, 933-939.
- Apple, F.S., Rongers, M.A., Casal, D.C., Sherman, W.M. & Ivy, J.L. (1985). Creatine kinase-MB isoenzyme adaptations in stressed human skeletal muscle of marathon runners. *J. Appl. Physiol.* 59, 149-153.
- Bjorkman, O., Sahlin, K., Hagenfeldt, L. & Wahren, J. (1984). Influence of glucose and fructose ingestion on the capacity for long-term exercise in well trained men. *Clin. Physiol.* 4, 483-494.
- Borg, G. (1975). Simple rating method for estimation of perceived exercise. In: Physical work and effort. (Borg, G., ed). pp 39 - 46. New York: Pergamon.
- Brodowicz, G.R., Lamb, D.R., Baur, T.S. & Connor, D.F (1984). Efficacy of various drink formulations for fluid replenishment during cycling exercise in the heat. *Med. Sci. Sport Exerc.* 16(2), 138 (Abstr).
- Bromberg, S. & Sahlin, K. (1988). Hyperammonemia during prolonged exercise: an effect of glycogen depletion. *J. Appl. Physiol.* 65(6), 2457-2477
- Bromberg, S. & Sahlin, K. (1989). Adenine nucleotide degradation in human skeletal muscle during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.* 67(1), 116-122.
- Brouns, F. (1991). Heat, sweat, dehydration, rehydration: a praxis oriented approach. *J. Sports Sci.* 9, 143-152.
- Brouns, F., Beckers, E., Wagenmakers, A.J.M. & Saris, W.H.M. (1990). Ammonia accumulation during high intensive long lasting cycling, individual observations. *Int. J. Sports Med.* 11, S78-S84.
- Candas, V., Libert, J.P., Brandenberger, G., Sagot, C.A. & Kahn, J.M. (1986). Hydration during exercise: effects on thermal and cardiovascular adjustments. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 55, 113-22.
- Carter, J.E., & Gisolfi, C.V. (1989). Fluid replacement during after exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21, 523-539.
- Christensen, E.H. & Hansen, O. (1939b). Hypoglykamie, Arbeitsfahigkeit und ermudung. *Scand. Arch. Physiol.* 81, 17-79.
- Cogan, A.R. & Coyle, E.F. (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J. Appl. Physiol.* 63(6), 2388-2395.

- Cogan, A.R. & Coyle, E.F. (1988). Effect of carbohydrate feedings during high- intensity exercise. *J. Appl. Physiol.* 65(4), 1703-1709.
- Cogan, A.R. & Coyle, E.F. (1989). Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21,59-65.
- Cogan, A.R. & Coyle, E.F. (1991). Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: effects on metabolism and performance. In *Exercise and Sciences review*, (J.Holloszy., Eds), 19, 11-40. Baltimore: William & Wilkins.
- Costill,D.L. (1977). Sweating: its composition and effects on body fluids. In. *The marathon: Physiological , Medical, Epidemiological and Psychological studies.* (Milvy, P., eds). pp. 160-174. New York: N.Y. Acad.Sci.
- Costil, D.L., Coyle, E., Dalsky, G., Evans, W., Fink, D. & Hoopes, D. (1977). Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol.* 43(4), 695-699.
- Costill , D.L., Kammer, W.F., & Fisher, A. (1970). Fluid ingestion during distance running. *Arch. Environ. Health* 21, 520-525.
- Costill, D.L. & Saltin, B. (1974). Factor limiting gastric emptying during rest and exercise. *J. Appl. Physiol.* 37(5), 679-683.
- Coyle, E.F., Costill, D.L., Fink, W.J. & Hoopes, D.G. (1978). Gastric emptying rates for selected athletic drinks. *Res Q. Exerc Sport.* 49, 119-124.
- Coyle, E.F., Coggan, A.R., Hemmert, M.K. & Ivy, J.L. (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. Appl. Physiol.* 61, 165 -172.
- Coyle, E.F., Hagberg, J.M., Hurley, B.F., Martin, M.H., Sani, A.A. & Lolloszy, J.O. (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J. Appl. Physiol.* 55, 230-235.
- Davis, J.M., Burgess, W.A., Slentz, C.A., Bartoli, W.P. & Pate, R.R. (1988a). Effects of ingestion 6% and 12% glucose-electrolyte beverages during prolonged intermittent cycling in the heat. *J. Appl. Physiol.* 57, 563-569.
- Dimri, G.P., Malhotra, M.S., Sen Gupta, J., Sampath Kumar, T. & Atora, B.S. (1980). Alterations in aerobic-anaerobic proportions of metabolism during work in the heat. *Eur. J. Appl. Physiol.* 45, 45-50.
- Essen, B., Jansson, E., Henriksson, J., Taylor, A.W. & Saltin, B. (1975). Metabolic characteristics substrates during continuous and intermittent exercise in man. *J. Physiol.* 265, 489-505.
- Fielding, R.A., Costill, D.L., Fink, W.J., King, D.S., Hargreaves, M. & Kowaleski, J.E. (1985). Effect of carbohydrate feeding frequencies and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17(4), 472-476.
- Fink, W.J., Costill, D.L. & Van Handel, P.J. (1975). Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *Eur.J.Appl.Physiol.* 34, 183-190.
- Fordtran, J.S. & Saltin, B. (1967). Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise. *J. Appl. Physiol.* 23(3), 331-335.
- Fortney, S.M., Wenger, C.B., Bore, J.R. & Nadel, E.R. (1984). Effects of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J. Appl. Physiol.* 57, 1688-1695.



Foster, C., Costill, D.L. & Fink, W.J. (1971). Gastric emptying characteristics of glucose and glucose polymer. *R. Q Exerc Sport.* 51, 299-305.

Goetz, F.Z. & Greenberg, B.Z. (1961). A Simple immunoassay for small amount of insulin. *J. Lab. Clin. med.* 58, 819 - 822.

Gisolfi, C.V. & Cooping, J.R. (1974). Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 6, 108-113.

Greenleaf, J.E. & Castle, B.L. (1971). Exercise temperature regulation in man during hyperhydration. *J. Appl. Physiol.* 30, 847-853.

Haggendal, J., Hartley, L.H. & Saltin, B. (1970). Arterial noradrenalin concentration during exercise in relation to the relative work levels. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 26, 337-342.

Hargreaves, M., Costill, D.L., Coggan, A., Fink, W.J. and Nishibata, I. (1984). Effect of carbohydrate feeding on muscle glycogen utilization and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16(3), 219-222.

Hargreaves, M. & Richter, E.A. (1988). Regulation of skeletal muscle glycogenolysis during exercise. *Can. J. Sports Sci.* 13, 197-203.

Harrison, M.H. (1985). Effects of thermal stress and exercise on blood volume in humans. *Physiol. Rev.* 65, 149-209.

Harrison, M.H. (1986). Heat and exercise: effects on blood volume. *Sports Med.* 3, 214-233.

Hermansen, L., Hultman, E. & Saltin, B. (1967). Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta. Physiol. Scand.* 71, 129-39.

Hultman, E. & Nilsson, L.H. (1977). Liver glycogen in man. Effect of different diets and muscular exercise. In: *Muscle metabolism during exercise* (Pernow, B. & Saltin, B., eds). pp. 143-151. New York: Plenum Press.

Hultman, E. & Harris, R.C. (1988). Carbohydrate metabolism. In: *Principles of Exercise Biochemistry*. (Poortmans, J.R., ed). *Med. Sport. Sci.* Basel, Karger. 27, 78-119.

Hultman, E. & Sjoholm, H. (1983). Substrate availability. In: *Knuttgen, Vogel, Poortmans, Int. Series on Sport Sciences, Biochemistry of Exercise.* 13, 63-75.

Ivy, J.L., Miller, W., Dover, V., Goodyear, L.G., Sherman, W.M., Farrell, S. & Williams, H. (1983). Endurance improved by ingestion of a glucose polymer supplement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15(6), 466-471.

Johnson, H.L., Nelson, R.A. & Consolazio, C.F. (1988). Effects electrolyte and nutrient solutions on performance and metabolic balance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20, 26-33.

Kuipers, H., Keizer, H.A., Brouns, F. & Saris, W.H.M. (1987). Carbohydrate feeding and glycogen synthesis during exercise in man. *Pfluegers Arch.* 410, 652-656.

Lamb, D.R. & Brodowicz, G.R. (1986). Optimal use of fluid varying formulations to minimize exercise-induced disturbance in homeostatis. *Sports Med.* 3, 247-274.

Lindinger, M.I. & Sjogaard, G. (1991). Potassium regulation during exercise and recovery. *Sports Med.* 11(6), 382-401.

MacDougall, J.D., Reddan, W.G., Layton, C.R. & Dempsey, J.A. (1974). Effects of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.* 59, 152-158.

MacLean, D.A., Spriet, L.L., Hultman, E. & Graham, T.E. (1991). Plasma and muscle amino acids and ammonia during prolonged exercise in human. *J. Appl. Physiol.* 70 (5), 2095-2103.

Maron, M.B., Horvarth, S.M. & Wilkerson, J.E. (1975). Acute blood biochemical alterations in response to marathon running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 34, 173-181.

Maughan, R.J., Fenn, C.E. & Leiper, J.B. (1989). Effects of fluid electrolyte and substrate ingestion on endurance capacity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58, 481-486.

Maughan, R.J. & Noakes, T.D. (1991). Fluid replacement and exercise stress: A brief review of studies on fluid replacement and some guidelines for the athlete. *Sports Med.* 12(1), 16-31.

McHugh, P. & Moran, T. (1979). Calories and gastric emptying: a regulatory capacity with implications for feeding. *Am. J. Physiol.* 236, R245-260.

McKenna, M.J. (1992). The roles of ionic process in muscular fatigue during intense exercise. *Sports Med.* 13 (2), 134-145.

Millar-Stafford, M.L., Sparling, P.B., Roskopf, L.B., Hinson, B.T. & Dicarlo, L.J. (1990). Carbohydrate electrolyte replacement during a stimulated in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22, 621-628.

Mitchell, J.B., Costill, D.L., Houmard, J.A., Flynn, M.G., Fink, W.J. & Beltz, J.D. (1988). Effect of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20(2), 110-115.

Mitchell, J.B., Costill, D.L., Houmard, J.A., Flynn, M.G., Fink, R., Rongers, A. & Davis, J.A. (1989). Gastric emptying: influence of prolonged exercise and carbohydrate concentration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21, 269-274.

Murray, R., Eddy, D.E., Murray, T.W., Seifert, J.G., Paul, G.L. & Halaby, G.A. (1987). The effect of fluid and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19, 597-604.

Murray, R., Paul, G.L., Seifert, J.G., Eddy, D.E. & Halaby, G.A. (1989). The effects of glucose, fructose, and sucrose ingestion during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21, 275-282.

Murray, R., Paul, G.L., Seifert, J.G. & Eddy, D.E. (1991). Responses to varying rates of carbohydrate ingestion during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23(6), 713-718.

Nielsen, B., Savard, G., Richter, E.A., Hargreaves, M. & Saltin, B. (1990). Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. *J. Appl. Physiol.* 69, 1040-1046.

Nilsson, L.H. & Hultman, E. (1973). Liver glycogen in man-the effects of total starvation or a carbohydrate-poor diet followed by carbohydrate refeeding. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 32, 325-330.

Noakes, T.D., Lambert, E.V., Lambert, M.I., McArthur, P.S., Myburgh, K.H. & Spinndler Benade, A.J. (1988). Carbohydrate ingestion and muscle depletion during marathon and ultramarathon racing. *Eur. J. Appl. Physiol.* 57, 482-489.

Noakes, T.D., Myburgh, K.H., Plessis, J.D., Lang, L., Lambert, M., Van Der Riet, C & Schall, R. (1991a). Metabolic rate, no percent dehydration, predict rectal temperature in marathon runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23(4), 443-449.

- Noakes, T.D., Rehrer, N.J. & Maughan, R.J. (1991b). The importance of volume in regulating gastric emptying. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23(3), 307-313.
- Owen, M.D., Kregel, K.C., Wall, P.T. & Gisolfi, C.V. (1986). Effects of ingesting carbohydrate beverage during exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18(5), 568-575.
- Paul, A.A. & Southgate, D.A.T. (1978). *The composition of food*. London: McCance and Widdowson. HMSO.
- Pernow, B. & Saltin, B. (1971). Availability of substrates and the capacity for prolonged exercise in man. *J. Appl. Physiol.* 31, 416-422.
- Peryam, D.R. & Pilgrim, P.J. (1957). Hedonic scale of measuring food preference. *Food Technol.* 9, 11-12.
- Power, S.K., Lawler, J., Dodd, S., Tulley, R., Landrey, G. & Wheeler, K. (1990). Fluid replacement drinks during high intensity exercise: Effects on minimizing exercise-induced disturbances in homeostasis. *Eur. J. Appl. Physiol.* 60, 54-60.
- Pruet, E.D.R. (1970). Glucose and insulin levels during prolonged work stress in men living on different diets. *J. Appl. Physiol.* 28(2), 199-208.
- Pugh, L.G.C.E., Corbett, J.L. & Johnson, R.H. (1967). Rectal temperatures, weight losses, and sweat rates in marathon running. *J. Appl. Physiol.* 23(3), 347-352.
- Rananathan, N.L. (1964). A new weighing system for men surface temperature of the human body. *J. Appl. Physiol.* 19, 531-533.
- Rehrer, N.J. (1990). *Limit to fluid availability during exercise*. (Uitgeverij de Vrieseborch). pp. 125-152. Netherlands: Haarlem.
- Rongers, M.A., Stull, G.A. & Apple, F.S. (1985). Creatine kinase isoenzyme activities in men and women following a marathon running. *J. Appl. Physiol.* 23 (3), 347-352.
- Rowell, L.B., Brenjelmann, G.L., Blackmon, J.R., Twiss, R.D. & Kusumi, F. (1969). Splanchnic blood flow and metabolism in the heat-stressed man. *J. Appl. Physiol.* 24, 475-484.
- Ryan, A.J., Bleiler, T.L., Carter, J.E. & Gisolfi, C.V. (1989). Gastric emptying during prolonged cycling exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21, 52-58.
- Savard, G.K., Nielsen, B., Laszcynska, J., Larsen, B.E. & Saltin, B. (1988). Muscle blood flow is not reduced in humans during moderate exercise and heat stress. *J. Appl. Physiol.* 64, 649-657.
- Seidman, D.S., Ashkenazi, I., Arnon, R., Shapiro, Y. & Epstein, Y. (1991). The effects of glucose polymer beverage ingestion during prolonged outdoor exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23, 458-462.
- Senay, L.C. & Pivarnik, J.M. (1985). Fluid shifts during exercise. *Sport. Sci. Rev.* 13, 335-387.
- Stainsby, W.N., Sumners, C. & Eitzman, P.D. (1985). Effects of catecholamines on lactic acid output during progressive working contractions. *J. Appl. Physiol.* 59, 1809-1814.
- Stryer, L. (1988). *Biochemistry*. New York: W.H. Freeman and company.
- Sjorgaard, G., Adams, R.P. & Saltin, B. (1985). Water and ion shift in skeletal muscle of humans with intense dynamic knee extension. *Am. J. Physiol.* 248, 190-196.

Wagenmakers, A.J.M., Beckers, E.J., Brouns, F., Kuipers, H., Soeters, P.B., Van Der Vusse, G.J. & Sarris, W.H.M. (1991). Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and amino acid metabolism during exercise. *Am. J. Physiol.* 269, E883-E890.

Wahren, J., Ahlborg, G., Felig, P. & Jorfeldt, L. (1971). Glucose metabolism during exercise in man. In: *Muscle metabolism during exercise* (Pernow, B. & Saltin, B., Eds). pp. 189-204. Plenum Press: London,

Wells, C.L., Schrader, T.A., Stern, J.R. & Krahenbuhl, G.S. (1985). Physiological responses to a 20 mile run under three fluid replacement treatments. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 364-369.

Wolfe, R.R., Nadel, E.R., Shaw, J.H.F., Stephenson, L.A. & Wolfe, M.H. (1969). Role of changes on insulin and glucagon in glucose homeostatis in exercise. *J. Clin. Invest.* 77, 900-907.

Wright, D.A., Sherman, W.M. & Dernbach, A.R. (1991). Carbohydrate feeding before, during, or in combination improve cycling endurance performance. *J. Appl. Physiol.* 71(3), 1082-1088.

Van Handel, P.J., Fink, W.J., Branam, G. & Costill, D.L. (1980). Fate of <sup>14</sup>C glucose ingested during prolonged exercise. *Int. J. Sports. Med.* 1, 27-131.

Yaspelkis, B. B. & Ivy, J.L. (1991). Effect of carbohydrate supplements and water on exercise metabolism in the heat. *J. Appl. Physiol.* 71(21), 680-687.

Yaspelkis, B.B., Scroop, G.C., Wilmore, K.M. & Ivy, J.L. (1993). Carbohydrate metabolism during exercise in hot and thermoneutral environments. *Int. J. Sports Med.* 14 (1), 13-19.

Young, A.J., Sawka, M.N., Levine, L., Cadarette, B.S. & Pandolf, K.B. (1985). Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. *J. Appl. Physiol.* 59, 1929-1935.